

حدود العالم



تأليف ماجنوس بياك

ترجمة حسين عبدالعزیز

مراجعة د. محمد مختار

الألف كتاب

حدود العالم

بإشراف
الهيئة العامة
للكتب والمكتبات العامة
بوزارة التعليم العالي

تصدر هذه السلسلة بمعاونة

المجلس الأعلى لرعاية الفنون والآداب والعلوم الاجتماعية

حدود العالم

تأليف
ماجنوس بيك

مراجعة
د. محمود مختار

ترجمة
حسين عبدالعزیز بدو

هذه ترجمة كتاب

THE BOUNDARIES OF SCIENCE

تأليف

Dr. Magnus Pyke

محتويات الكتاب

صفحة	
١	الفصل الأول : علوم الطبيعة - العلوم الصناعية
١٩	الفصل الثاني : مدى ما وصلت اليه الكيمياء
٤١	الفصل الثالث : الفيزيكا موضوع الساعة
٦١	الفصل الرابع : هل علم البيولوجيا كيمياء
٨٣	الفصل الخامس : الطاقة الفيزيائية
٩٩	الفصل السادس : النشوء - في الأحياء وغير الأحياء
١٢١	الفصل السابع : العقل كآلة الكترونية
١٤١	الفصل الثامن : تقريبات الحقيقة
١٥٩	الفصل التاسع : الفلك العلمى
١٧٩	الفصل العاشر : حدود العلم

الفصل الأول

علوم الطبيعة — العلوم الصناعية

في عالم القرن العشرين الحديث ، يس العلم تقريبا كل جانب من جوانب حياتنا . فهو يعد من نواحي كثيرة الفلسفة السائدة لمدينتنا . وتبعا لدائرة المعارف البريطانية يمكن ببساطة تعريف العلم بأنه المعرفة المرتبة للظواهر الطبيعية والعلاقات بينها ؛ وبهذا فهو تعبير مختصر «للعلم الطبيعي» . ولكن هذا التعريف ليس كافيا ، فالعلم كما أفهمه شيء أكثر من هذا . انه بالمعنى الحديث طريقة للتفكير . ويتضمن العلم مبادئ رئيسيين : يتكون الأول منهما من ثلاثة أجزاء هي ، جميع الحقائق والملاحظات ، والأفضل أن يكون ذلك في مصطلحات كمية ؛ ثم بناء فرض لتوضيح علاقة الحقائق ببعضها ؛ ثم اتقاء مزيد من مشاهدات مناسبة أو القيام بتجارب تصمم لاختبار صحة هذا الفرض . فاذا أيدت النتائج العملية صحة الفرض كان بها والا وجب تعديله أو استبعاده . والمبدأ الثاني للفلسفة العلمية هو أن الكون مكان منظم مرتب ، وأن أى مشاهدة — بصرف النظر عن كونها غير متوقعة — يمكن لها أن تتلائم مع فرض معقول يكون اكتشافه في حدود طاقتنا الفكرية ، وان لم يكن في الحال ، ففي وقت ملائم حين نحصل على البيانات الضرورية .

وبطبيعة الحال لا يكون هذا عموما بالأمر السهل . فحتى الحقائق البسيطة المظهر قد لا تكون بالبساطة التي تبدو بها . فالميزان مثلا هو أحد الأدوات العلمية الأساسية ، أى أنه آلة دقيقة لقياس الوزن . ولكن وزن كرة الجولف مثلا ، يختلف عند قمة جبل أفرست عنه عند سطح البحر ، وكذلك عند قياسه في معامل شركة

البوتاس الفلسطينية على شاطئ البحر الميت . وقد تظهر تعقيدات أخرى اذا وزنت في مخزن الأدوات بطائرة كومت تطير بسرعة ٥٥٠ ميل في الساعة فوق المحيط الأطلنطي . ولكن لا يقتصر الأمر على كون الحقائق أكثر صعوبة في تعريفها وقياسها مما يتخيله البعض ، بل هناك صعوبة أخرى وهي أن شخصية المشاهد واحساساته يؤثران على تسجيل كل ملاحظة وقياسها مهما حاول أن يكون علميا وواقعا . فالتناقض الذي يظهر في وصف حادثة طريق يقدم مثالا بالغا للطريقة التي قد تبدو بها نفس مجموعة الحوادث البسيطة لجماعات من الناس تحاول كل منها جادة أن تقرر الحقيقة بأمانة .

ويحدث نفس الشيء في العلم . فقد شاهد تيكويراه الفلكي الدانمركي ومساعداه كبلر واقعة واحدة ، ليس من الضروري أن تكون حادثة طريق ، ولكنها شيء أكثر عموما - الشمس المشرقة . فقد استقبلت قرنيات عيونهما نفس التأثير الكيماوي للصورة ، فبينما كان « براه » يرى الشمس تتأرجح في مدارها الدائري حول الأرض ، اذ يرى كبلر أن الأرض هي التي تدور حول محورها تجاه الشمس . وتظهر هنا نقطتان هامتان . الأولى هي أن تفاعل الصورة الكيماوي لعين معرضة للكرة المضيئة للشمس المشرقة ليس هو التسجيل للحقيقة . فكما يقول الأستاذ هانسون ، ان الرجال هم الذين يرون ، أما آلات التصوير والعيون فهي عمياء . والثانية هي أن العلم في تقدم . فالمشاهدات عن حركة النجوم تنمو منذ أقدم الأزمنة ، وبحلول القرن السادس عشر ، حين كان براه يعمل ، ورث من أسلافه نظاما دقيقا معقدا عن التحركات السماوية انبثق من مشاهداتهم وملاحظاتهم المبنية على الفرض القائل بأن الأرض جسم ثابت يدور حوله كل شيء آخر . ولكن عندما طور جاليليو وكبلر النظرية بأن جملا الشمس هي المركز وقدموا البراهين الرياضية لايضاح هذه النقطة ، لم تعد هناك حاجة أبدا للمودة مرة أخرى الى النظريات الأولى والتفكير في هذا الموضوع من جديد .

وان عنصر التقدم هذا ، هو ما يميز العلم عن سائر ألوان التفكير الأخرى . فالجوارب النايلون وأجهزة التلفزيون وطائرات اليوم النفاثة قد يفكر فيها أي شخص من عهد شكسبير كأعاجيب ، بالرغم من أن تعلمنا في الكتابة والشعر والدراما وفي سلوكنا العام وطبيعتنا خلال ثلاثمائة وخمسين عاما منذ ذلك

الوقت ، من الصعب أن يقال انها تقدمت كثيرا . فاذا اكتشف عالم ما ، بواسطة فكرة منطقية وتجربة ، النسبين أو التبرلين أو القنبلة الذرية ، فيمكن للعلماء الذين يأتون بعده أن يتوقعوا استطاعة انتاج مضادات أحسن للميكروبات ، وخيوط أحسن للنسيج ، وحتى قنابل أكثر تدميرا .

وقيل أن تنتقل الى مناقشة العلوم ، ربما وجب أن نضع في الاعتبار اتجاه آخر للعلم . انه يتعلق بالمنطق . فالمنطق والمقولة هما بلا مراء من مكونات الطريقة العلمية ، تماما كما هما أساس الرياضيات ، والتي بدورها تعد أداة أساسية في كثير من الأعمال العلمية . ولكن قد لا يكون صاحب المنطق الكبير عالما جيدا ، وفي الحقيقة قد لا يكون عالما على الاطلاق . فنظريات « ألكلديس » تبدأ بمجموعة من التعاريف . وعلى أساس هذه التعاريف يقام التركيب الكامل للافتراضات . وليس من المهم ، لفرض التمرين ، أن تكون التعريفات ، وهي المقدمات الأساسية ، صحيحة أو غير صحيحة . فالعملية عبارة عن تدريب على التفكير المنطقي ، وفي الواقع قد يكون أكثر طرافة أن تبدأ من مجموعة افتراضات خيالية تماما . وفي العلم — أى في العلوم الطبيعية — نجد أنه لا داعي مطلقا للقيام بعملية الاستنتاج المنطقي ما لم تكن مجموعة المشاهدات الأساسية صحيحة . فلا بد للعالم أن يمتلك قافية الحقيقة ، والا فلن تتأكد نتائج استنتاجاته عند تطبيق التجارب الدقيقة .

ولما كان العلم اذا أخذنا في الاعتبار مفهومه العادى الذى يعنى العلوم الطبيعية يطبق على العالم والكون كما هو ، فإن الأمر يقتضى بوضوح ضرورة تجميع الكثير من الحقائق عن الأحداث الطبيعية قبل أن يصبح من المجدى البدء فى التفكير عما تعنيه . فالرجل الذى لم يشاهد الا بقرة واحدة طوال حياته ، وكانت ذات ثلاثة أرجل فقط ، ستكون فكرته عن البقر عموما خاطئة تماما . ومع ذلك فإن التجميع نفسه للحقائق — بكل ما يحيط التعرف على كنه الحقيقة من المصاعب التى أشرنا اليها — لا يكون العلم . فقد حصل الفلكيون القدماء على كمية هائلة من المعلومات الدقيقة عن تحركات النجوم ، ولكنهم لم يحققوا فائدة تذكر من معلوماتهم فى أى وجهة علمية وذلك لمقيدتهم الراسخة فى أشكال منطقة البروج من جهة ، ومن جهة أخرى لاعتقادهم الوهمى بوجود مقر الانسان

في مركز الكون ، وبذلك كان استعمال معلوماتهم في أى ادراك علمى قليلا جدا ، وبالمثل فقد عرف علماء علم الحيوان القدماء قدرا طيبا من المعلومات عن أنواع الحيوانات المختلفة في العالم ، ولكن قبل أن ينجح داروين في ربط هذه المعلومات والتوفيق بينها ، كانت العلاقة العلمية بين مختلف المخلوقات على الأرض غامضة تماما .

ومثل آخر أكثر عمقا للحقيقة القائلة بأن تجميع المعرفة ، مهما كان ذلك منسقا منظما ، ليس هو العلم في حد ذاته ، يظهر في تاريخ الكيمياء القديمة . فلمئات السنين سجل رجال مخلصون المشاهدات عن التفاعلات الكيميائية من كل نوع . وتناثرت خلال كتب كبيرة بمعلومات عن شرب البجعة للمائها الخاصة ، وعن حجر الفلاسفة ، وعن الدائرة الكاملة ، وعلى الرغم من هذا الخليط من الغموض المتعمد ، فقد تجمع خلال هذه السنين كمية ضخمة جدا من المعلومات الدقيقة . ومن كل هذه المعرفة ، ومن جميع هذه الحقائق التي جمعت بمشقة بالغة ، لم يظهر تقريبا شيء ذو قيمة بناءة . والسبب ، أن التفكير الذي طبق على هذه المعلومات لم يكن علميا .

ولكن بالرغم من أن الجمع المجرد للحقائق ليس هو العلم ، بل انه ليس بأكثر من جمع وقياس علب الثقاب ، فالقوانين العلمية التي تصف انتظام الطبيعة في صيغ مفهومة قد بنيت على الحقائق . فقد أمضى تشارلز داروين خمس سنوات كشاب يتجول في سفينة صاحبة الجلالة « بيجل » ، وجمع خلال هذا الوقت كمية هائلة من الحقائق عن الحيوانات والنباتات . وعلى أساس هذه المشاهدات فقط ، استطاع أن يطور نظرية النشوء البيولوجية والتي تمتد شهرته عليها . وقام لويس باستير باختبار دقيق باحث لهندسة بلورات حامض الطرطريك الذي يوجد في براميل النبيذ . وأدى هذا الاستقصاء المحكم الى اكتشاف جديد بأن بعض البلورات غير متناسقة الأجزاء في اتجاه يسارى وبعضها في اتجاه يمينى . كانت هذه حقيقة ؛ كانت مشاهدة . وليست هذه الحقيقة ، في حد ذاتها ، علما ، بل معرفة تمكن بها باستير من أن يستنتج أن الخلايا الحية فقط هي التي يمكنها إنتاج نوع واحد من البلورات غير متناسقة الأجزاء دوناً عن غيرها . وقد توصل أخيرا ، على أساس هذا الافتراض ، الى استنتاج أن التخمر هو نتيجة لوجود

خمائرية مع خلايا حية أخرى ، وبالتالي - مارا بدون عائق من الكيمياء الى علم الحياة - ان الأمراض ، مثلها مثل التخمر ، قد تكون أيضا نتيجة لميكروبات حية .

ولذا فانه من الضروري لكي نستوعب العلم ، ونحقق التقدم في التفكير العلمي ، أن نعرف كثيرا من الحقائق . وهنا بالذات تنشأ صعوبات التدريس والتعليم .

وقد أشار كاردول ، في تاريخه عن تنظيم العلوم في بريطانيا ، الى أنه منذ توقف العلم عن أن يكون أولا دراسة لطبيعة وتنظيم العالم الموجود حولنا وأصبح طريقة فعالة لكسب العيش ، بدأ الاتجاه نحو التخصص . وقد أدى هذا الاتجاه الى نظام الامتحان ، الذي اتخذ اليوم صورة مدهشة تمثل سمة غالبية لنظمنا التعليمية . وفي القرن التاسع عشر كانت قاعدة « تقسيم العمل » أكثر من مجرد طريقة تنظيمية لانجاز الأعمال ، فقد أصبحت عقيدة في عهد الملكة فكتوريا .

ومنذ تقديس هذا المبدأ في العقيدة الاقتصادية للثورة الصناعية ، واعتباره كجزء من قانون التقدم ، وموافقة زوج الملكة عليه ، فقد أصبح من الطبيعي أن يطبق هذا على التعليم ، وعلى العلم بصفة خاصة . وحتى منتصف القرن التاسع عشر كان التحصيل العلمي مصمما لينتج رجلا مثقفا ، وليس أخصائيا . أما التعليم العالي فقد خطط أساسا ليناسب الطبقة الأرستقراطية أكثر من مناسبتها لهذا النوع من الأخصائيين الفنيين الذي نحتاجه اليوم . وقد طبق هذا في تدريب المحامين والأطباء والقساوسة وكذلك الأشراف . وبالتالي ، فإن استعمال الفكرة الجديدة لتقسيم العمل في التجارة والصناعة ثم امتدادها الى التعليم - مع الإشارة بوجه خاص الى المنافسة الموجودة في ألمانيا في ذلك الوقت في التدريب العلمي والتكنولوجي - أدى حتما الى نظام الامتحانات التخصصية .

ولكن حتى في الوقت الذي قسمت فيه المواد تحت العناوين التي نجلدها عليها اليوم ، كان هناك بعض الناس الذين رأوا أن هذه التقسيمات اختيارية الى حد كبير ، وبالرغم من مناسبة ذلك لادارة الامتحانات بسهولة ، فانه في نفس الوقت قد يكون ذلك اقامة لأقسام لا وجود لها في الحقيقة . وكان الشاعر

ماثيو أرنولد ، مفتشاً بالمدارس ، وابناً لأرنولد الكبير صاحب الرجبي^(١) . كتب في عام ١٨٦٨ يقول » ان الامتحانات قد تكون وقاية من شيء أسوأ . (وقد قصد بذلك المحاباة عند التعيين في الوظائف) . وكل ما أستطيع قوله أن الأشياء التي تروق للعقل هي ما نريد ، وهذه الامتحانات لن تعطينا لنا أبداً » . وما يجب علينا نحن أبناء القرن العشرين أن نتذكره ، أنه بالرغم من أن تقسيم المعرفة العلمية الى « مواد » يمد مريحا ، وبالرغم من أن تجسيد هذه « المواد » بواسطة نظام الامتحانات يمكن من تصنيف وتعليم مجموعات من الحقائق ، الا أن « المواد » نفسها ، على وجه الدقة في القول ، لا وجود لها . فأنت اذا كنت تقود سيارة في اتجاه الشرق من شاطئ فرنسا تجد أن طبيعة الأرض تتغير ببطء ، وتتداخل لغات الشعوب بعضها في الأخرى لدرجة أنه ليس من السهل أن تقول متى تنتهي اللغة الفرنسية وتبدأ اللغة الفلنكية أو متى يصير اللغة الفلنكية هولندية ، أو الهولندية ألمانية . ولكن لسهولة التنظيمات الادارية فقد رسمت خطوط على أحد جانبي الأزراس واللورين ، أو بحاذأة وادي نهر الدرو أو نهر الأودرنيس . وقبل عهد بسمارك كانت كل المنطقة الوسطى مقسمة كبلاد البلقان الى امارات ودوقيات . وبالنسبة لأوزة مهاجرة — أو لمسافر على متن طائرة حديثة — يبدو ذلك كله زائفا . وهذا ما ينطبق بنصه على حدود المعرفة العلمية .

والموضوعات التي تناولتها العلوم البحتة بالبحث هي — الكيمياء وتعالج تركيب المادة ، وعلم الحياة المتعلق بال مخلوقات الحية ، والطبيعة التي تعالج المواد التي يحثها الطبيعيون (وهذا التعريف لا يمد سخيها بالدرجة التي قد يبدو بها) — وهذه العلوم البحتة درسها وفكر فيها لمدة طويلة رجال أذكاء ومثقفون . واستعمال هذه الفروع من التعليم في التجارة والتصنيع والصناعة ، كان بمثابة التقدم النسبي الجديد في التاريخ . وعندما حدث ذلك لأول مرة منذ مائتي عام تقريبا أصبح ضروريا لعدد كبير من الناس أن يدرسوا العلم . عندئذ ظهر للوجود تقسيم العلوم الى أقسام يمكن التعامل مع كل منها بامتحان منفصل . وانه فقط خلال هذه الفترة الحديثة نسبيا ، والتي تمتد بالكاد عبر القرن التاسع

(١) الرجبي مدينة بوسط انجلترا وبها مدرسة للأولاد معروفة بهذا الاسم ..

عشر ، بدأ الرجال المتعلمون في التفكير جديا في المشاكل التي تعتبرها الآن علما تطبيقيا . والتكنولوجيا التي نطلق عليها حاليا العلم التطبيقي . كانت قبل ذلك ، مجالا للحرفي الماهر الذي تعلم حرفته عن طريق كونه صبييا مرتبطا بأستاذ تحصل على معلوماته العملية بنفس الطريقة . وكان ضعف هذا النظام ، يكمن أولا ، في أنه غير بناء . فكانت أسرار المهنة تلقن عند اللزوم ، كما أن الكثير من الفنون تضمنت كمية كبيرة من التعليم . ولكن الحقيقة الواضحة عن كونها أسراراً أضفت تأثيرا غامضا على من يمارسونها . والنشر ركن أساسي للعلم كما نعرفه اليوم . فالملاحظات التي تشر على الفور لأحد الرجال في المقالات العلمية ، تخصب أفكار الآخر . والأسئلة التي تبرز من مجموعة من الملاحظات في مجال علمي ما ، عندما تعرض على أناس يعملون ربما في جبهة أخرى مختلفة تماما عن المادة ، قد تقود الى اجابة غير متوقعة .

وفي عصر ما قبل العلم كان أغلب التفكير الى الوراء وليس الى الأمام . فالكيميائي الصغير أو الجراح أو البناء أو المهندس تعلم حرفته من الرجال القدماء الذين سبقوه . وكان صناع الحرف للعلوم التطبيقية يتطلعون باعجاب الى أبطال الماضي الفنيين . واذا حدث من وقت لآخر ، كضرورة حتمية ، أن ابتكر شخص موهوب تحسينا ما — كمادة طلاء جيدة أو طريقة أفضل لحرق حقل أو بناء منزل — فإن ذلك كان محض صدفة . ولم يعط أي تفكير بناء للموضوع . كما لم تكن هناك أسس تقود الى التقدم للأمام ، وكما ذكرت سابقا ، كان الناس العاملون في التكنولوجيا في أزمة ما قبل العلوم — فقط مع استثناءات قليلة شاذة — غير متعلمين .

والطب في الماضي كان فنا . وحقيقة كان من المتوقع أن يعرف الطبيب أدواته . وأن يلم بتأثيرات تشكيلة مختلفة من الأدوية المعدنية والنباتية . فالأطباء الذين استخرجوا الحصوة لـ « پيس »^(١) كانوا على درجة كبيرة من المهارة في حرفتهم . ولكن الطب بالرغم من ذلك كان فنا . وطريقة الافصاد وكووس الهواء ووخز المريض كله بالابر الدقيقة ، كانت مقبولة كأجزاء من الفن ، وليست

(١) صامويل پيس كاتب انجليزى مشهور (١٦٣٣ - ١٧٠٣) وصاحب اليوميات المشهورة .

كعمليات يمكن معايرة كفايتها بواسطة تجربة علمية • وكان الأطباء مدة تمرينهم يخدمون كتجارين • ولا يزال هناك حتى اليوم جزء من الفن في الطب ، ولكن يرجع ذلك ببساطة الى أن المعرفة لم تكن قد اكتملت بعد • وعلى أى حال فالبرنامج الدراسى الطبى يقوم أساسا على العلم • فطالب الطب يدرس على الأقل سبعة علوم منفصلة • ففى علم الحياة لا بد له من دراسة الفسيولوجيا — أى وظائف الخلايا والأعضاء ؛ وثىء عن علم الأجنة ، وطبيعة الأصل ونمو الخلايا ؛ والباثولوجيا ، علم قواعد أمراض الأعضاء ؛ والبكتريولوجيا ، طبيعة البكتريا وقواعد تكاثرها وتصرفها • وفى الكيمياء لا بد له أن يفهم طبيعة تركيب الأنسجة الحية ؛ والمركبات الكيماوية التى تغذيها ؛ والتفاعلات التى تعيش بها ، وتركيب المواد السامة الضارة بها • والعلم الطبى الحديث مبنى اليوم على الطبيعة أيضا ، ليس فقط على الطبيعة الحيوية — أى الأسس التى بها تنتج تفاعلات الجسم الحارة والاحتكاك والقوى الميكانيكية والشحنات الكهربائية ، ولكن الجديد أيضا ، علم الطبيعة الحديثة لطبيعة الذرة والنشاط الاشعاعى وتأثيرهما على الأنسجة الحية •

والهندسة نشاط حديث مميز يشاهد فيه مجموعة من العلوم تدرس كل منها على حدة وتستعمل مجتمعة فى تطبيق فعلى لخدمة غرض واحد • والدراسات الأساسية التى تعتمد عليها كل فروع الهندسة هى العلم المطلق ، وبالذات الطبيعة والرياضة والكيمياء ، وبالمثل الأحياء فى بعض الأحيان • وانه من الطريف ، مع وضع هذا الأساس الجديد فى الاعتبار ، أن نمود الى الوراء لنسترجع التعريف الأصيل للهندسة الذى وضع فى عام ١٨٢٨ بالنسبة لأهدافها ووظائفها فى المرسوم الخاص بجمعية المهندسين للمدنيين • فهو يصف الهندسة المدنية — وهو النوع الوحيد من الهندسة المتعارف على وجوده حينئذ بخلاف بناء « ماكينات الحرب » — بأنها « فن توجيه مصادر القوى العظيمة فى الطبيعة لاستعماله الانسان وراحته ، كوسائل الانتاج ووسائل المواصلات فى البلاد ، وكلاهما للتجارة الداخلية والخارجية ، وذلك باستعمالها فى بناء الطرق والكبارى ، ومجارى المياه والقنوات ، والملاحة النهرية ، وأرصفت للمواصلات الداخلية وعمليات التبادل ، وفى بناء الموانئ والمرافق والسدود وحواجز الأمواج ،

والفنارات ، وفي فن الملاحة لأغراض التجارة بواسطة القوى المصنعة ، وفي صنع وتجهيز الماكينات وفي عمليات الصرف للمدن الصغيرة والكبيرة .

ومنذ كتابة هذا التعريف انقسمت مهنة الهندسة الى اختصاصات - مدنية ، وتقريب وتعددين وميكانيكية ، وكهربائية ، وكيميائية وكثير غيرها - أسوة بما انقسمت اليه العلوم عند ممارستها . وعلى أى حال فالتأثير نجارى ما يفخر به المهندسون من أن تخصصهم يؤهلهم لمنصب عال في المجتمع حيث « انه جمع بين أركان التعامل الأربعة وهي الرجال والنقود والأموال والمواد » . على أنه بالنسبة لأهداف مناقشتنا ، فالموضوع في نظرتنا الحديثة ، يقوم على تقسيم مجموعة واحدة من العلوم ، هي في الواقع متشابكة في المجال العملي للهندسة ، ولا بد للمهندس الموفق من استعمالها مجتمعة لإضطراره الى التعامل مع المواد المتنوعة التي تظهر عند مباشرته لأي مشروع هندسي .

خذ في الاعتبار أيضا العمليات الخاصة بالمهندس الكيميائي . فالكيميائي يتبع تخصصه الكيميائي الدقيق عند قيامه مثلا بتركيب كيماوى جديد ، وليكن مطهرا . ولكي يفعل ذلك عليه أن يجرى سلسلة من التفاعلات ، كخط عدة محاليل بعضها ، وغليانها ، وترشيحها ، وترير غاز الكلورين فيها وربما رج المخلوط في الكوروفورم بعد ذلك . ودعنا نفترض أن المادة الجديدة التي أُنشِج منها عدة جرامات وجدت صالحة لدرجة كبيرة ، وأنه تقرر صنع أطنان منها . ويستلزم هذا تكبير مقياس العمليات مليون مرة . ومنذ حوالي جيل مضى ، عندما استعملت قاعدة تقسيم العمل في التدريس وفي التطبيق للعلوم بصرامة أكثر مما هو عليه اليوم ، كان على الكيميائي أن يعطى المهندس سلسلة عملياته التي أجراها في أنابيب الاختبار والقوارير والكؤوس . وعندئذ يبدأ المهندس في انشاء مجموعة من الصهاريج والطلبات وملفات التسخين والمرشحات ليفصل في المصنع ، وعلى نطاق واسع ، ما قام به الكيميائي في معمله . وبقليل من التفكير سيتضح لنا أن ذلك غالبا ما يؤدي الى نتائج مضحكة وغير عملية . فتكبير المقياس ، كما نسميه ، هو عمل تحاليلى . فنحن نقول للأطفال أنه لو كان البرغوث كبيرا كالحصان لأمكنه القفز فوق كنيسة . وهذا ليس بصحيح . فهو قد يشد عضلة ولا يمكنه القفز بتاتا . فليس من السهولة التعامل مع الحجم

بهذه الكيفية . فالفأر الذى يقع من فوق مرتفع ، ينهض عند أسفله ويجرى ؛ أما الكلب فان رجله تنكسر ويرقد عاويا ؛ أما الحصان فينفجر محدثا رذاذا .

ومن السهل على الكيميائى أن يسخن أنبوبة اختبار فوق موقد بنزن ، ولكن الأمر يختلف تماما بالنسبة لمهندس فى مصنع كيماوى عليه أن يسخن صهريجا سبعة خمسون ألف جالون . وأحد الأسباب أن الوقت المطلوب للحصول على درجة الحرارة المطلوبة قد يكون أطول بكثير ، مما قد يؤثر بسهولة على نجاح التفاعل . ونفس الشيء ينطبق على عمليات التبريد التالية والتي قد تكون مطلوبة . فأنبوبة الاختبار وهى فى درجة الغليان ، اذا تركت لشأنها ، فانها سريعا ما تبرد الى درجة حرارة الفرفة مرة أخرى . أما الصهريج الكبير فقد يحتاج الى ساعات أو أيام ، وهذا الامتداد فى الفترة عند درجة الحرارة المرتفعة قد يفسد المنتج الذى كان يراد اعداده . وبالمثل ، فى الوقت الذى قد يكون ترشيح جرامات قليلة من الرواسب من كوب مملوء بالسائل سهلا تماما ، فان ترشيح طن أو ما شابه معلقا فى آلاف الجالونات من المحلول قد يثبت أنه صعب تماما ، أو حتى مستحيل . وثمة عملية أخرى قد يزداد تأثيرها جذريا بتغير المقياس . فانه من الضرورى غالبا فى العمليات الكيماوية أن نمرر غازا ما — كلوريد الأيدروجين أو ثانى أكسيد الكربون أو هواء — خلال سائل ما . فعلى النطاق الضيق وبالحجم الصغير من السائل يمر الغاز سريعا خلال الارتفاع البسيط للمحلول فى كأس مثلا . أما على النطاق الواسع فان الارتفاع الكبير للسائل يعطى الغاز فرصة متزايدة وغير متناسبة لكى يتفاعل أثناء مروره الى أعلى السطح .

لكل هذه الأسباب فالهندسة الكيماوية لا يمكن أن تكون ببساطة تطبيقا للكيمياء فى ناحية يتبعه تطبيق للهندسة فى الناحية الأخرى . فالمهندس الكيمايى يحتاج الى فحص سلسلة العمليات الكيماوية بعين جديدة . وفى الواقع ، ليس من الضرورى عليه أن يتعرف على التفاعلات الكيماوية ، انما على العمليات الأساسية التى تتضمنها العملية كلها . فالتسخين والتبريد يصححان تبادلا للحرارة — الحرارة تمر من العامل المسخن ، ملف بخارى مثلا ، الى المادة التى تجرى تسخينها . والترشيح يصبح فصلا للمادة الصلبة عن السائل وهكذا . وعندما ينظر المهندس الكيمايى الى سلسلة التفاعلات الكيماوية بهذه الطريقة

فانه غالبا ما يسوى بيان حساباته ، حتى أن الحرارة المنفصلة عند نقطة ما مثلا ، يمكن استعمالها عند مرحلة تالية في سلسلة العمليات . وهذا في الغالب يسمح بتحويل العملية ذات المقياس الكبير الى عملية متصلة ، ينتظم فيها سريان سيل من المواد الكيماوية المطلوبة من مرحلة الى أخرى ، وتصبح الحاجة لتداول الكميات الكبيرة - مضاعفات ملايين المرات لكميات المعمل - لا داعى لها مطلقا . لذلك ، ولأوضاع كثيرة عن واقع الحياة ، فان علم الكيمياء وعمليات الهندسة المبنية على أساس علمى ، لابد وأن يمتزجا لتحقيق نتائج فعالة .

وللناس عادة نظرة غريبة مزدوجة للعلم . فمن ناحية ، تؤخذ العلوم في المدرسة أو في الجامعة أ وحتى في معامل الأبحاث ، على أنها منفصلة تماما أحدها عن الآخر . والكيميائي ليس وحده الذى يشعر بأن اهتمامه وفهمه غريبان تماما عن الأحياء أو الطبيعة . فغالبا نجد أن الذى يعمل في مجال الكيمياء الطبيعية ، يعتبر نفسه في اختصاص مختلف عن الذى يعمل في الكيمياء الحيوية . بل أن الأمر قد يذهب الى أبعد من ذلك ، فالمتخصص في مركبات أو كسيدات الفسفور لا يجد أى اهتمام في اكتشاف جديد للكيمياء عن الزنك مثلا . ولكن في نفس الوقت الذى يبدو فيه أن الاختلاف يتسع أكثر فأكثر بين ، ما هو في الحقيقة ، موضوعات علمية وثيقة الاتصال ، فانه من المفروض عموما في مجال العلم التطبيقي ، أن يكون ما هو في الحقيقة مزيج من نظم للمعرفة مختلفة بوضوح تام ، أن يكون ذلك موضوعا واحدا .

وعندما نشير الى « أعاجيب العلم » ، فاننا غالبا ما نعنى التلفزيون ، أو محطات القوى الذرية ، أو الطيران . وعلى أى حال ، فان كلا منها تعتمد على دراسة مركبة . فعلم الطيران مثلا ، لابد أن يتضمن كمية كبيرة من أحدث الاكتشافات الكيماوية . فالمحركات النفاثة لم تكن ممكنة الا بنمو سبائك معدنية هائلة جديدة ، والتي بجانب أنها خفيفة وقوية ، لها أيضا خاصية مقاومة درجة الحرارة المرتفعة . والوقود الذى تدار به هذه النفاثات لابد أيضا أن يكون له التركيب الكيماوى المناسب . ويدل هذا على أنه لابد لخبير علم الطيران ، بالنسبة للكيمياء فقط ، أن يكون متمكنا في مجال واسع من المعلومات يمتد من الكيمياء غير العضوية للزنك والألومنيوم والمغنسيوم والكروم والحديد وستة معادن أخرى بالمثل ، عبر الطريق كله الى الكيمياء العضوية .

للهيدروكربونات والكيمياء الفيزيائية للحركة الناتجة من احتراقها . وعمليا لا يترك هذا الاتساع في المعلومات لعالم واحد ، بل يتطلب الأمر المعرفة المشتركة لفريق منهم .

وواضح أن علم الطيران يشمل الفيزيكا كما يشمل الكيمياء . ولست أعنى أنه الأمر ببساطة يتطلب فهم قانون الجاذبية وحركة الأجسام الساقطة . ف بجانب هذه المعرفة الأساسية ، هناك حاجة الى فهم سديد للقوانين المتحركة في المعدات الكهربائية الموجودة في الطائرة . وتلك وحدها في هذه الأيام لها خواص متباينة للغاية . فعمل المولد (١) الذى يعطى الاضاءة الكهربائية في الكابينة هو بالتأكيد جزء من الفيزيكا الكلاسيكية التى تدرس في المدارس ومستتبطة من اكتشافات فاراداي . ولكن الكاشف (٢) الذى يلتقط موجات الراديو من شبكة مثلية للاشارات اللاسلكية الموجهة تلقائيا ، وبه حاسب الكترونى يسجل باستمرار مسار الطائرة على خريطة ، فهو مستوى مختلف تماما من مفهوم علم الفيزيكا وتطبيقاته . حتى البوصلة التى تمكن الطيار من أن يطير بسلام فوق القطب المغناطيسى مباشرة أثناء فترة نشاط البقع الشمسية ، تمثل حقا انجازا للفيزيكا التطبيقية .

وفي هذه الأيام أيضا ، لا يد أن يلم علم الطيران بعلم الحياة الى جانب الملمه بالفيزيكا والكيمياء . ففضان تثبيت الضغط من عدمه في قمرة قائد الطائرة يعتمد على مقدرة الطيار في مقاومة الضغط البارومتري المنخفض عند الارتفاع الذى يتوقع أن يطير عليه . وثانيا ، فان كرسى القفز الاضطرابى ، بالرغم من أنه أعجوبة هندسية ، فلا قيمة له اذا كان معدل زيادة السرعة التى يكسبه لجسم الرجل الجالس فوقه أكبر مما تتحمله نظمه البيولوجية .

واهمال قانون بويل في مزواه البيولوجى ، أدى الى ضياع مجموعة هائلة من التحسينات في علم الطيران في أثناء الحرب العالمية الثانية . كانت التجارب تتقدم بالنسبة لنوع جديد من الطائرات المصممة لما يعد في ذلك الوقت ، سرعات كبيرة عند ارتفاع عال . فكأن الماكينات تختبر مقدما بأكملها ،

Magneto. (١)

Predictor (٢)

واستعملت أنواع من الوقود ذات تركيب مناسب • وجرت ترتيبات الاقلاع والهبوط ، وأخذ في الاعتبار علم الحياة ، على الأقل في حدود تزويد الرجال بأقنعة الأوكسجين ليتنفسوا ، واستعمال الوسائل لمنع الإصابة في أثناء أكثر الحركات عنفا للطائرة • ولكن ما أن وصلت الماكينات الى الارتفاع الذى صممت لأجله ، حتى قاسى الطيارون آلاما حادة أجبرتهم على انزالها ثانية • لقد كان ذلك كله خيبة أمل شديدة •

والآن ، فقانون بويل يقرر أنه اذا كانت درجة الحرارة ثابتة ، فحجم كمية معينة من الغاز يتغير عكسيا مع الضغط الواقع عليه • أى أنه كلما قل الضغط زاد الحجم • ويبدو أن الطيارين قبل الاقلاع اعتادوا تناول وجبة خفيفة من البقول المطهية مع الخبز المقدد • وأنها لحقيقة بيولوجية معروفة أن المواد شبه السيلولوزية في البقول ، التى تتحلل فقط بصعوبة بواسطة الخمائر الهاضمة فى القناة الهضمية للإنسان ، تتخمر بدورها فى الأمعاء بواسطة كائنات حية دقيقة منتجة لما يسميه قانون بويل « كمية معينة من الغاز » • وكلما قل الضغط البارومتري فى الطائرة بزيادة الارتفاع ، تغير حجم هذا الغاز عكسيا وازداد • وقد منعت المتاعب الناتجة عن ذلك الطيارين من أداء ولبجاتهم • وبالتالي ، فقد كان هذا الاهمال لعامل بيولوجى واحد هو الذى أدى الى ضياع ما أنجزته الكيمياء الفيزيكا •

والعلوم الأساسية ، كما سبق أن قلت ، هى الكيمياء والفيزيكا وعلم الحياة • ومن تلك ، وفى مجالات أخرى منفصلة عنها ، نجد موضوعات أخرى أمكن اعتبارها أساسية بقدر كاف لترقى كمفردات مدرسية قائمة بذاتها فى جامعات لها قيمتها • فالجيولوجيا ، مثلا ، جزء من الكيمياء لأنها تبحث فى تكوين المادة • ولكن بسبب بحثها لتكوين وتركيبات الصخور المكونة للأرض ، فمن الواضح أنها نوع خاص من الكيمياء • وبجانب هذا ، فهى متصلة بعلوم أخرى • فعلم الحفريات (١) هو ذلك الجزء من الجيولوجيا المتعلق بآثار الحيوانات

والنباتات المدفونة حاليا في الأرض ، وهي نفسها بالتالى جزء من علم الحياة ، بينما يناقش « علم الكون » (١) العلاقة بين الأرض والمجموعة الشمسية والكون ويربطها بعلم الفلك . فالفلك ، كالجيو لوجيا ، علم قائم بذاته أيضا ، بالرغم من أنه يمكن المجادلة في أنه بدوره يتكون من الكيمياء والفيزياء .

ومن الواضح أن علم النبات وعلم الحيوان أجزاء من علم الحياة ، ولكن لاتسايهما الى نطاقات منفصلة كبيرة من المعرفة ، فالتفكير في أنهما جذيران بدراسة منفصلة على مستوى أساسى يجد ما يبرره . وعلى أى حال ، فعندما نأتى الى تقسيم المعرفة الى مجموعات مبنية على الحدود الفنية مفضلين ذلك على الحدود الطبيعية ، فمن المهم لنا أن نعرف بالضبط ما نحن فاعلون .

وتقسم العلوم أحيانا الى ما يسمى « بالعلوم البحتة » ، ومنها الديناميكا الرياضية التى استعملها اسحق نيوتن في وصف قوانين الحركة والتى قد تكون أبلغ مثال لذلك ، والى « العلوم الوصفية » التى تحوى مواد مثل علم النبات وعلم الحيوان . فعلم النبات يجب أن يتضمن مواد وصفية كثيرة ، حيث يحتاج علماءها الى وصف جميع النباتات المختلفة التى يقابلونها . وعلى أى حال ، فهذا الوصف في ذاته لم يكن أكثر « علمية » من كمية الوصف الهائلة عن المركبات المختلفة التى عرفها الكيمائيون القدماء . وفى الواقع ، كلما زادت وصفية العلم قلت علميته . وعلى أى ، فقد استعملت المعلومات الوصفية النباتية عن لون البادلاء الحلوة الطعم ، بطريقة علمية بواسطة « مندل » عندما استنبط منها قوانين الوراثة التناسلية . والحقائق عن جميع أنواع الموضوعات قد يكون لها فائدة عملية مباشرة لا بأس بها . فالرجل الذى قضى كل حياته فى مصنع للتخخير سيعرف كيف يصنع البيرة . ونحن قد فكرم ما يعرفه بتسميته « علم التخخير » ، تماما مثلما يرجع رجال آخرون الى المعلومات عن حصرهم الخاصة باعتبارها « علم الألبان » أو « علم التجميل » أو حتى « علم التموين » .

وهذه جميعا ، بدون شك موضوعات دراسية هامة ومشوقة ، ولكنها ليست علوم . وهى فى الغالب تطبيقات للعلم فى موضوعات معينة عملية وتخصصية . والواقع انه عندما تتضح قاعدة عامة لنظام وترتيب فانه يمكن عندئذ فقط أن تصبح مجموعة المعلومات علما .

وحتى الآن فقد استشهدت عموما بالعلوم المختلفة ، وكيف أنها بينما تنفصل كل منها عن الأخرى فى النطاق الواسع الذى تغطيه من المعرفة ، تحتل وتتداخل أكثر فأكثر كلما كبرت مفاهيمنا الجديدة لها . وقبل أن نبدأ فى مناقشة مجال العلوم وحدودها من المقيّد أن نذكر شيئا أكثر عن الرياضيات وكيف أنها بالرغم من كثرة تداخلها عن قرب فى العلم ، ظلت مع ذلك موضوعا مميزا .

وقد سميت الرياضيات بملكة العلوم وخادمتها . فهى فى اعتبارات كثيرة تمثل التفكير المجرد فى أعلى مستوياته . فالعلم - أى ، العلوم الطبيعية التى تحدثنا عنها - يتعلق دائما بشيء له وجود حقيقى ، سواء كانت الأسس للفيزيكا النووية أم للكيمياء عن أملاح هيدروكربونات المغنسيوم (١) . والرياضة ، على أى حال ، منهاج عقلى مبنى فقط على أفكار مجردة . فبالرغم من أن العالم يداوم على الحساب إلا أنه دائما يعدد الأشياء . والرياضى من الجهة الأخرى ، يهتم بالأرقام نفسها . فعدد ، مثل ١٤٤ ، ليس له وجود راسخ . انه مجرد فكرة آل ١٤٤ . وحتى التصور الأكثر سفسطائية للجذر التربيعى للعدد (١ -) ليس له أى كيان مادى . ومع ذلك فقد تمكن العلماء من تحقيق تقدم هام باستعمال الأرقام والأفكار الرياضية التى تجمعت بالتأكيد منذ عصور ما قبل التاريخ . وقد يمكن المجادلة فى أن الأرقام والقياسات ، والأفكار الرياضية التى تتطور عنها ، لها قيمتها بالنسبة للعلم بقدر ما تكون الألفاظ . فالكلمات أيضا مجردة . ويقول المثال « الكلمات القاسية لا تكسر أى عظام » . ومع ذلك فالكلمات - درجة الحرارة ، الفولت ، الجرام الجزيئى - تعد جوهرية فى معالجة الأفكار التى يتعامل بها العالم .

(١) ماكب أ ٤ ٧ يد ٣ أ (Mg SO₄ 7 H₂O)

والرياضة ، على أى حال ، أوثق ارتباطا بالعلم فى أساليبها من اللغة •
فالرياضة مبنية على المنطق والسبب ، وكذلك العلم • والطرق الذهنية التى تتم
بواسطها الاكتشافات الرياضية تحمل علاقة قريبة بتلك التى تحدث بواسطتها
الاكتشافات العلمية • وعلى سبيل المثال ، فعملية الضرب بالنسبة لطفل مدرسى
حديث تمثل صعوبة بسيطة ، لأن طريقة الضرب قد تم اكتشافها مع أن
المصريين كانوا حتى عام ١٦٥٠ قبل الميلاد ، يستطيعون فقط القيام بعملية
الضرب بطريقة المضاعفة الشاقة • وبالمثل ، يقوم طالب القرن العشرين بعمل
المعادلات الكيماوية بدون صعوبة بعد ما بين دالتون ومن تبعوه للعالم العلمى
كيفية عملها •

والعلم — أى ، العلوم كلها — يعتمد فى تقدمه على إقامة فرض مبنى على
المعرفة والملاحظة المنظمة ، ويثبت بواسطة اختبار وتجربة تالية • ولكن من
الخطأ أن تتصور أن أى شخص يستطيع القيام باكتشافات ويطور العلم بمجرد
تجميعه لملاحظات « علمية » كافية • فكثيرا ما نرجع الى كتاب فن الطبى
للبيده يتون فى طريقة طهى الأرنب البرى بداخل الدورق والتى تبدأ بـ
« امسك أرنبك أولا » • ولم نزود بأى تعليمات مثلا عن كيفية عمل ذلك •
وبالمثل فى العلم ، ليس لأحد أن يقترح كيف يتوقع المشتغل بالعلم أن يلتقى
بالفرض الذى عليه أن يختبره قبل غيره • لابد أن نقنع بأن هذه ومضة
للبيده • « فالاكتشافات تأتى الى العقل المتخفz » • ويطبق نفس الوضع
بالنسبة للرياضيات • فالاستعمال المنتظم للكسور العشرية ، التى تعد اليوم
ميزة رياضية شائعة ، تأسس لأول مرة بواسطة سيمون ستيفنز فى عام ١٥٨٥ •
وبعد ثلاثين عاما تقريبا أدرك جون نابيير الاكتشاف المتناسق للوغاريتمات •
وعندما يظهر أى اكتشاف فى الرياضة — كما فى العلم — فهو غالبا ما يبدو
واضحا للناس الذين يأتون بعد ذلك • والحقيقة فى أن كل اكتشاف متوال
يمكن استعماله كحجر للخطو عليه الى الذى يليه ، تعطى العلم — وكذلك

الرياضيات - صفتها المميزة في التقدم . فقد قدم نيوتن وليبنز ما بين عام ١٦٧٣ ، ١٦٧٦ الاكتشاف الرياضى الرئيسى لعلم حساب التفاضل والتكامل^(١) . وكل من هذين الرجلين كان متأثرا بدراسته لأعمال الرياضيين الآخرين ، ولكن كل ما نستطيع أن نقوله عن هذا الاكتشاف أنه كان عملا عبقريا . وفى الواقع لم يستطع أى مخترع أن يؤسس التفاضل والتكامل على أسس منطقية سليمة حتى بعد أن اكتشفها ووجد فضائلها الغريبة فى الناحية العلمية .

ولغة الرياضيات ، اذا حرصنا على وصف الأساليب المنطقية التى تحتويها باللغة ، تستعمل كأداة ضرورية فى كل العلوم الحديثة . فعلم الوراثة فى الأحياء^(٢) مبنى أساسا على أفكار رياضية . واختبار الفيتامينات وقياس التسمية للعقاقير بالمثل تعتمد فى جزء كبير على الرياضة . وعمل المخ والجهاز العصبى ، كما سنناقشه فيما بعد ، والذي يشابه عمل الحاسب الالىكترونى ، له أيضا أسس رياضية . والكيمياء الفيزيائية تصور رياضى كبير ، والفيزيكا نفسها تستعمل الرياضيات فى كل نقطة تقريبا . وربما لا يكون اعتماد العلوم على الرياضيات مثيرا للدهشة ، حيث انها تختص لدرجة كبيرة بقياس واحصاء مشاهدات الفيزيكا . ومع ذلك ، فهى على كل تهيء صلة أخرى بينها .

لقد أكدت فى هذا الفصل من الكتاب الحقيقة بأنه عند استخدام العلم عمليا - فى الطب ، والزراعة أو فى الهندسة - نجد أن علوما مختلفة هكذا سميت - عادة ما تتمازج ببعضها . ولا أريد مع ذلك أن أدفع هذه الفكرة بعيدا جدا . فبالرغم من أنه فى أعماق النفس قد يمكن اعتبار علم الحياة كيمياء - فمثلا الكلب ، متخذينه كيفما اتفق أحد الوجود البيولوجى ، منجده بالتاكيد لو قسمناه بما فيه الكفاية مكونا من جزئيات وذرات كيميائية - فمع ذلك ، يمتلك البيولوجى كمية كبيرة من المعلومات المفيدة عن الكلاب وصغارها، وعن عاداتها وصحتها وامكانياتها والتى لا يعلم الكيميائى عنها شيئا . ولذلك ، فمما حاول فى الفصول القليلة القادمة أن أصف المجال الخاص للعلوم المختلفة ، وكذلك النقاط التى عندها يتمزج أحدها فى الآخر .

Calculus. (١)

Biology. (٢)

الفصل الثاني

مدى ما وصلت اليه الكيمياء

الكيمياء هي ذلك الفرع من العلوم الطبيعية الذى يتناول تركيب المادة . ولما كانت المادة الحيوانية نوعا من المادة ، فان دراستها تعتبر جزءا من نطاق الكيميائى الحديث . ويتبع هذا بالتالى أن تصطدم الكيمياء فى هذا الاتجاه بعلم الحياة ، ذلك لأن الحيوانات بتكوين وتركيب أنسجتها هي وظيفة عالم الحيوان والكيميائى على حد سواء . والفصل بينهما اختياري تماما ، فهو فى الحقيقة ، موضوع تأكيد أكثر منه مادة ، ومن ناحية أخرى ، تعود الكيميائى دائما على استعمال طرق فيزيقية فى عمله . فاللون ، خاصية فيزيقية للمادة وليست كيميائية ، ومع ذلك فالكيمياويون يستعملون الألوان كايضاح تميزى . فمثلا ، محلول كبريتات النحاس لونه أزرق . فاذا كان المطلوب معرفة كمية كبريتات النحاس الموجودة فى أى محلول معين ، فهذه يمكن قياسها بتقدير المدى الذى يكون عليه المحلول أزرق . ويمكن عمل ذلك اما بمقارنتها بواحدة من مجموعة محاليل متدرجة معروف قوتها ، أو بالمفهوم الحديث ، بواسطة « الفوتومتر الطيفى » ^(١) ، أو بواسطة « مقياس الامتصاص » ^(٢) . ولكن هذه الأجهزة تقوم بعمل قياسات فيزيقية ، مبنية على امتصاص الضوء وفقا للتشكيل الذرى لمركب كبريتات النحاس . وتصبح الطريقة لذلك مسألة فى الفيزيقا بقدر ما هي فى الكيمياء .

Spectro-photometer (١)

Absorptiometer (٢)

واستعمال الحرارة ، كاستعمال الضوء ، يعاون أيضا على ادماج الكيمياء بالفيزيكا ويجعل الفرق المتعارف عليه بينهما اختياريا وزائفا . وقد جاء العصر البرونزي قبل العصر الحديدي ببساطة لأن الناس في العصر البرونزي لم يكن في استطاعتهم انتاج نار ذات حرارة كافية لصهر الحديد . وبالمثل ، جاءت الكيمياء لتعنى دراسة مركبات المادة ، التي ترتبط فيها الذرات بالالكترونات فقط المحيطة بنواها كخلاف غير محكم . ويمكن احداث اضطراب في هذه الالكترونات باستعمال كميات متوسطة نسبيا من الطاقة ، كالحرارة مثلا ، فخشب عود الثقاب مركب من الكربون والهيدروجين . واذا استخدمت الحرارة - بحك عود الثقاب - كان ذلك كافيا لكسر أغلفة الالكترونات ، فتتفصل ذرة الكربون بعيدا وتتصل بذرة الأوكسجين من الهواء . ولنا مطلق الاختيار في أن نصف العملية المثلة في احتراق الثقاب بأنها تفاعل كيماوى . ولكن في مدى حياتنا هذه انتقلنا من عصر برونزى الى عصر حديدي باكتشاف كيفية استخدام اشطار اليورانيوم المشع - في صورة قنبلة ذرية - لاعطاء درجة حرارة مرتفعة تكفى لثقب ، ليس فقط الغلاف الالكترونى الذى تعودنا أن نمارسه في كيميائنا التقليدية ، بل أيضا النواة الأكثر تماسكا . وبهذه الوسيلة لا يمكننا تغيير المركبات الكيماوية فحسب ، بل أن ما نعتبره حتى الآن عناصر كيماوية يمكن تحويل أحدها الى الآخر . ونسمى في الوقت الحاضر هذا النوع من التفاعل فيزيقا وليس كيمياء ، ولكن الفرق في الواقع يكون متعلقا فقط بالكم وليس بالنوع . فنحن في كلتا الحالتين نتناول مع تكوين المادة ذاتها .

ومن المهم أن نتبع الطريقة التى تطورت بها الكيمياء ، والتى تتطور بها بمعدل متزايد ، الى خليط من الكيمياء والفيزيكا . فقد كانت الكيمياء منذ وقت ليس بالبعيد ، علما وصفيا ، تماما كما كان ، وما زال الى حد بعيد ، علم النبات . ولاحظ الكيماويون أن هناك تنوعا فى المواد على الأرض ، كل منها من نوع مختلف . وأبسط طريقة علمية للتمييز بين مادة كيماوية وأخرى أن ننظر اليهما . اذ يمكن التعرف على المركبات المختلفة بواسطة اللون أو اللعان أو المظهر التركيبى ، أو بالوزن النسبى . ويلى ذلك عدد من الحيل الكيمائية البسيطة التى يمكن بواسطتها تهييم خواص مادة معينة . فبعض المواد تذوب فى الماء

وبعضها لا يذوب ، والبعض يحترق ، وبعضها يذوب في الحامض ، ويمكن عند اذابتها أن نجعلها تكون راسيا بتمرير غاز كبريتيد الهيدروجين فيها . كما أن درجة الحرارة التي تنصهر عندها المادة أو يغلي عندها السائل قد يمكن استخدامها كعلامة مميزة للتعرف عليها . ويمثل هذه الملاحظات التي تتزايد درجة تعقيدها تدريجيا ، ظهر أساس نظام للتحليل .

وربما كانت الكيمياء عثرة الحظ في كثرة المعلومات عن الذهب والفضة والحديد والنحاس ، وعن الجير والمحلول القلوي والنشادر - ويوجد في الواقع اثنان وتسعون عنصرا طبيعيا موجودة على الأرض وزمرة من المركبات التي يمكن أن تتكون منها - كان هذا يعني أن المنطق العلمي الجديد للقرن السابع عشر البطولي ، غير قادر على مواجهة هذا العبء . فتركت الكيمياء حتى القرن التاسع عشر تحت سطوة من العقيدة التي كان مجرد معارضتها يعتبر خطيئة . فنظرية الفلوجستون ، التي ظهرت في القرن الثامن عشر ، كانت محاولة لشرح ظاهرة التغير التي تحدث عند احتراق المادة . وهذه النظرية ، رغم أنها خاطئة ، كانت البداية لتقدم جذري نحو الكيمياء . وبين عام ١٧٠٢ ، وقت أن اكتشفها شتال^(١) ، وعام ١٨٠٧ تقدمت بسرعة عملية تجميع المعلومات الدقيقة عن الكيمياء كما ندركها بمفهومها الحديث ، وأدت إلى الخطوة الأولى نحو فكرة متماسكة عن طبيعة المادة الكيميائية .

وكان القرن السابع عشر هو وقت عمالقة المفكرين في علوم غير الكيمياء ، وبالأخص في علم الفيزيكا . ففى كلمات الشاعر الكسندر بوب :

لقد اختفت الطبيعة وقوانين الطبيعة في ظلمة الليل ، فقال الله كن يانوتن فكان وعم النور كل شيء .

وقد صور فيوتن الذرة ، وهي أصغر جزء للمادة ، على أنها « جزء صلب متحرك لا يمكن اختراقه ومتماسك لدرجة أنه لا يبلى ولا يتحطم أبدا . وأنه لا يمكن لقوة عادية أن تقسم ما صنعه الله ولحدا ، في بدء الخليقة . وفكرة أن المادة لا يمكن خلقها أو إفنائها قادت إلى قانون بقاء المادة ، وهي

فكرة موجودة في نظرية دالتون الذرية ، التي أعطتنا على الأقل نصف ما نعتبره
الآن كيمياء » .

وكان نيوتن عام ١٦٦٠ يضيء العلوم التي يسمها ، أما دالتون ، الذي بدأ
يجعل الكيمياء منظمة ومفهومة ، فقد كتب أول مقالة هامة له في عام ١٨٠٣ .
فوضع ثلاثة فروض عن حقائق التركيبات الكيميائية . فافترض أولا ، أن كل عنصر
كيميائي يتكون كلية من نوع من الذرات خاص به ، ومختلف عن أى نوع
آخر ، وأن جميع ذرات العنصر الواحد متماثلة ، وبالذات في الوزن . ومن
ناحية أخرى ، فذرات العناصر المختلفة ، تختلف في خواصها ، وبالذات ، فإن
لها أوزان مختلفة . وثانيا ، أن المركبات الكيميائية تكونت كلية من أجزاء
متماثلة ، تسمى الآن بالجزيء ، وكل منها يتكون من عدد محدد من ذرات للأنواع
المنفصلة من العناصر التي تدخل في تكوينها . ويستدل من ذلك على أن أى
مركب معين يحتوى دائما على نفس النسبة من عناصره المكونة . فلو وجد
مركبان يحتويان على نفس العناصر فإن كميات أحد هذه العناصر التي تتحد
مع وحدة كمية عنصر آخر ، توجد دائما بنسبة أعداد صحيحة . وافترض
ثالث منبثق من الآخرين هو أن يكون التفاعل الكيماوى متكونا من إعادة
توزيع الذرات ، بحيث أن الجزيئات الأصلية تحطم ، وتكون جزيئات أخرى
جديدة تحتوى كلها مجتمعة على نفس العدد لنفس النوع من الذرات .
فالتفاعل لم يحطم أى من الذرات الأصلية ، ولم يخلق أى ذرات جديدة .

وطريقة دالتون في التفكير عن مختلف « الكيماويات » المعروفة للعلم —
أى جميع المركبات الكيماوية — وعن تفاعلات المركبات الكيماوية أحدها مع
الآخر ، والتي كان بعضها معروفا بالممارسة منذ عصور ما قبل العلوم ، وبعضها
تجمع خلال القرن الثامن عشر بواسطة بلاك في اسكتلنده ، وبرستلى وكافندش
في إنجلترا ، وشيله في السويد ، ولافوازييه في فرنسا ، وغيرهم ؛ قادت الى
« الآراء » الحديثة عن الكيمياء في ماضينا القريب . فأسس دالتون النظام
الحديث للقوانين والمعادلات الكيميائية ، التي تصف المواد الكيماوية في تعبيرات
مبسوطة ، وما يتم عند حدوث التفاعلات الكيماوية . وفكرة الوزن الذرى
كخاصة وصفية لكل عنصر أو مركب خاص ، كانت فرعاً مشرعاً آخر لطريقة
تفكيره .

فأعطى الهيدروجين ، وهو أخف عنصر ، وزنا ذريا مساويا للعدد «واحد» .
ومقارنة الأوزان النسبية للعناصر المستقلة في عدد من المركبات التي تحتوى عنصرا
أو أكثر مشتركا بين كثير منها ، أمكن ترتيب العناصر تحت نظام تزايدى من
الأوزان الذرية - فكان الليثيوم وزنه ٧ ، والبريليوم ٩ ، والكربون ١٢ ،
والنيتروجين ١٤ ، والأوكسجين ١٦ وهكذا حتى الرصاص ٢٠٧ ٠٠٠٠٠٠
وما يليه .

وبعد نصف قرن من اكتشاف دالتون لنظريته الذرية في الكيمياء ، لفت
نيولاندر الأنظار الى نقطة عجيبة . فعندما رتب العناصر بتسلسل أوزانها
الذرية ، اتضح أن المواد المتشابهة الخواص قد ظهرت في القائمة على مسافات
منتظمة . وهذه الخواص التي تابعت على مسافات متساوية عبر القائمة لم
تكن تعبر بالذات عن أى شئ خاص أو « علمى » وعلى سبيل المثال ، فالليثيوم
والصوديوم والبوتاسيوم كلها معادن لينة ، فضية المظهر ، تتفكك بسهولة في
الماء مكونة لمحاليل قلوية لزجة . ومجموعة أخرى ، تقع مفرداتها بانتظام عبر
القائمة ، تتكون من الفلورين والكلورين والأيودين والتي لها رائحة خاهة
متشابهة بعض الشئ ، وجميعها تتحد مع الهيدروجين لتكون أحماضا . وبعد
سنوات قليلة من وضع نيولاندر لافتراضه الأصلي - والتي كانت مشقاته
فيه موضعاً للسخرية - طور مندليف ، الكيميائى الروسى ، الفكرة بدقة أكبر
كثيرا ، ووضع في عام ١٨٦٩ الجدول الدورى للعناصر ، الذى يصنف مكونات
العالم حتى يومنا هذا .

وتكمن عظمة اكتشافات نيوتن لقوانين الحركة في القرن السابع عشر ، في
حقيقة أن القواعد المتحركة في سقوط شئ تافه كالتفاحة على كوكب ضئيل
كالأرض ، ثبت امكان تطبيقها بالمثل على تحركات الكواكب والنجوم . والفكرة
بأكملها يمكن استيعابها في ذهن الانسان . وفي الكيمياء حدث هذا الامتداد
والاتساع في التقدم بعد مائتى عام فقط ، حين استحدث بنزن وكيرشوف
النظار الطيفى عام ١٨٥٩ . وقد كتب بنزن ، قلا عن الدكتور الراحل شيروود
تايلور :

« حاليا أنا مرتبط بكيرشوف في بحث سبب لنا ليال ماهرة . فقد توصل كيرشوف الى أجمل الاكتشافات وأكثرها غرابة ، بأن عرف السبب في الخطوط الداكنة في مجموعة ألوان الطيف الشمسية ، وأمكن له ، بجانب تقوية هذه الخطوط صناعيا في ألوان الطيف الشمسية ، أن يظهرها في مجموعة الألوان التي تكون الطيف المستمر للهب وبذلك اتضحت الطريقة التي يمكن بواسطتها تحديد التركيب المادى للشمس والكواكب الثابتة بنفس الدرجة من الثبوت التي نستطيع بها تأكيد وجود ثالث أكسيد الكبريت والكلور بواسطة عواملنا الكاشفة . وبهذه الوسيلة أيضا يمكن التحقق من تركيب المادة الأرضية ، وتميز أجزائها المكونة ، بنفس السهولة الكبيرة والدقة كما في حالة المادة المحتواة في الشمس » .

وبالاختصار ، فإن ما حققه بنزن وكيرشوف باستعمال المنظار الطيفي ، لم يكن فقط ادراك أن النجوم والكواكب تحذو في تحركاتها كالأشياء الساقطة والمتحركة على الأرض — كما وضعها نيوتن — بل أنها أيضا تتكون من نفس المادة ، نفس العناصر التي تعودناها في التفاعلات الكيميائية هنا .

ولكن استعمال المنظار الطيفي بدأ يمدنا بالدليل الذي نعلم بواسطته الآن أن الكيمياء القديمة لم يعد لها وجود بعد ، ولكنها في الحقيقة ، جزء من الطبيعة التطبيقية . والسبب في أن المنظار الطيفي ، وهو جهاز ضوئي ، يعمل كأداة كيميائية تحليلية ، هو أنه عند تسخين أى مادة لدرجة التوهج ، وعند النظر الى الضوء الذي تشعه من خلال المنظار الطيفي ، فانه يمكن رؤية عدد من الخطوط في أماكن مختلفة من مجموعة ألوان الطيف . وكل عنصر من العناصر الكيماوية المختلفة يقدم تشكيلة مختلفة ومميزة تماما من هذه الخطوط .

وتفسير كيفية ذلك ، كيفية أنه بالنظر الى التشكيلات الموجودة على مجموعة ألوان الطيف التي يشعها أى عنصر خاص ، يمكن التعرف على هذا العنصر بنفس الدرجة من التأكد التي يمكن بها التعرف على أى رجل بواسطة بصمات أصابعه ، هذا التفسير يمثل ثورة كاملة في فهمنا للكيمياء . وعندما هدأت ضوضاء هذه الثورة ، كان واضحا أن الكيمياء أصبحت ممتزجة بالفيزيقا .

وفي عام ١٨٩٥ ، اكتشف أشعة اكس (١) - وهو حدث فيزيائي • ثم اكتشف عام ١٩١٢ أن أشعة اكس يمكن أن تنكسر بواسطة بلورة • وفي عام ١٩١٣ استعمل ه • ج • ج • موزلي هذه الظاهرة لفحص مجموعات ألوان الطيف المختلفة لأشعة اكس الناتجة من كل من العناصر ، ووجد أن طول موجة أشعة اكس المنبعثة تعتمد على الرقم الذري للعنصر الخاص - أي ، على موضعه في الجدول الدوري •

ولقد أصبح الجدول الدوري لمندليف قاعدة كيميائية عامة • فقد صمم لتصنيف العناصر الكيميائية على أساس ، أولا ، أوزانها الذرية - فالوزن يعد أكثر الخواص جميعها « كيميائية » - ففي الواقع ، استنفذ الكيماويون والمحللون قبلهم نصف وقتهم وهم يزفون • وثانيا ، رتب الجدول الدوري بحيث تقع العناصر المتشابهة الخواص - كالصلابة واللمعان والرائحة المميزة ، وما شابه في نفس الأعمدة • ثم فجأة ، ثبت أن الجهاز الفيزيقي وهو الممطار الطيفي ، إذا ما استعمل فيه نوع من الضوء المنبعث من المواد المختلفة ، فانه يعد آلة لتحليل الكيمايئي لا مثيل لحساسيته ونوعيته • ولتتويع كل ذلك ، أظهر موزلي ، باستعماله لأشعة اكس بدلا من أشعة الضوء ، أن المادة الصادية في العالم الفيزيقي ، لاشئ فيها يماثل « الجسم الصلب المتحرك الذي لا يمكن اختراقه ... والتماسك الذي لا يمكن إبلائه أو تحطيمه » كما صورها نيوتن العظيم •

وقد أعطانا موزلي بدلا منها ذرة مكونة من جزأين هما ، مجموعة من الالكترونات مساوية في العدد لرقمها الذري ، وفواة ذات شحنة كهربائية موجبة تعادل الرقم الذري •

وقد افهارت الأسس التي بنى عليها عالم الجمود للمواد الكيماوية فور ادراك هذه الفكرة • ومضى الكيماويون يعملون في مجال الكيمياء ، ليتأكدوا ، وقد اتج الكثير من هذه الأعمال الكيميائية بعض نتائج بالغة الدهشة ، كما سأحاول توضيحه بعد قليل ، ولكن اتضح أن تركيب المادة يختلف عما كان معتقدا من قبل • وعدلت على القور الآراء الأصلية عن الذرة الكيميائية كما

طورها موزلي . وكبدية ، اذا كانت نواة الذرة تحمل شحنة كهربائية موجبة - كما هو الواقع - ومجموعة الالكترونات تحمل شحنة سالبة مقابلة ، فلم لا يتجذب التركيب كله كما يلتصق الدبوس بالمغناطيس ؟ وليس من المنطق أن تقول أن الالكترونات حفظت نفسها من الوقوع في النواة بدورانها حولها المرة تلو الأخرى كالكوكب ، لأنه حسب قواعد علم الالكتروديناميكا الكلاسيكية^(١) ، تولد الشحنات الكهربائية الدائرة في مدارات اشعاعا وتفقد طاقة . ويتبع ذلك بالتالي ، أن ذرة مكونة من الكترونات سالبة (كما هي فعلا) تدور حول نواة موجبة لابد أن تتحطم في انفجار اشعاعي . وهذا ما لا تفعله الذرات الكيميائية .

لهذا تأتى الى عام ١٩١٣ ثانية ، حين استدل نيلز بور على أن توضيح ما يحدث في الحقيقة في عنصر كيميائي ، يفسر باستخدام « وحدات الكم^(٢) » لماكس بلانك . فشرح عدد من الظواهر الطبيعية المتعلقة بالاشعاع - مثل الحرارة النوعية ، والكيمياء الضوئية - والتي لا يمكن شرحها أبداً على أساس القوانين الفيزيائية التي تنطبق على نطاق واسع من الظواهر ، افترض بلانك أنه بالنسبة للمستوى الذري لا يكون الاشعاع دائماً التسدفق . بل بالعكس ، وكما علمها ، فإن الاشعاع ينتج في كميات متقطعة أو « وحدات كم » . وقد اتضح صحة هذا الافتراض أثناء فترة السنوات العشر الأولى من هذا القرن . كما اتضح أن الديناميكا الكلاسيكية كانت مجرد تعبير لسلوك احصائي لأعداد كبيرة جداً من الجسيمات الخاضعة لقوانين الكم .

وقد استنتج بور باستعمال هذه الأفكار عن ميكانيكية الكم أن كلا من الالكترونات الدائرة حول النواة لذرة كيميائية يتخذ كميات محددة فقط من الطاقة ، كل منها تعادل عدداً معيناً من « وحدات الكم » .

وهذه الفكرة عن الالكترونات المحيطة بنواة الذرة الكيميائية والواقعة في مجموعة من المدارات المركزية كانت ثمرة للغاية . فقد فسرت هذه النظرية ، على سبيل المثال ، مجموعات ألوان الطيف المختلفة التي تنبعث من العناصر

Classical Electrodynamics. (١)

Quanta (٢)

المختلفة • كما فسرت « التكافؤ » للعناصر المختلفة — أى ، الطريقة التى تتحد بها مع ذرات أخرى • فمثلت الالكترونات الخارجية عوامل الربط ، كما طابقت عدد الالكترونات المتاحة لعمليات الاتحاد الكيميائى ، عدد الحلقات التى يمكن أن تكونها الذرة المختصة • وفسرت كذلك الظاهرة المميزة للجدول الدورى •

وبحلول عام ١٩٢٥ ، بين باولى ، مطورا للتركيب الفيزيقي المتناهى الدقة للذرات الكيماوية ، أن قطر مدار الالكترون ليس هو وحده المقابل للعدد الكمي الكلى ، بل أن لا مركزية مداره ووضع محور دورانه اعتبر عدد كمي ثان — وهو العدد الكمي الزاوى — ، كما أن عددا كميًا ثالثا وجب ادخاله لوصف الخواص المغناطيسية ، ورابعا لتمييز دورانه السريع • وبحلول عام ١٩٣٠ ، كانت العناصر الكيماوية المألوفة لدى تلاميذ المدارس فيما قبل الحرب العالمية الأولى قد تلاشت تماما ، حيثما كانت ، وحل محلها كبديل عنها كميات الطاقة الصغيرة التى استدل بلانك على وجودها — وحدات الكم — وكذلك مجموعة جسيمات دقيقة — البروتونات والنيوترونات والميونات والبيونات والفوتونات ، وغيرها — والتى تشمل المجال الخاص للفيزيقي وليس للكيميائى •

وبالطبع ، بالرغم من أننا نعرف حاليا أن المواد الجامدة التى نستخدمها — أى العناصر الكيماوية التى يتكون منها العالم — هى فى الواقع مظاهر لعلاقات الطاقة بين الجسيمات ، الا أنه يجب علينا ألا نبتعد عن العالم الواقعى • فقد قلب جاليليو وكبلر العالم رأسا على عقب ، فبدلا من دوران الشمس حول الأرض ، أصبحت الأرض تدور حول الشمس • ولكن ، بالرغم من صحة ذلك ، فقد استمر الناس فى ملاحظة الشمس تشرق صباحا وتغرب مساءً ، ولا زال الفلاحون وصانعو « دهان لفحة الشمس » (١) قائمين بأعمالهم مثلما كانوا من قبل وفى الكيمياء حاليا ، بالرغم من أن الكيميائى المثقف يعلم أن عناصره هى تفسيرات لظواهر طبيعية ، الا أنه يعلم أن الكيمياء التى مارسها من قبل لا زالت تطبق كلها • وهذا يعنى فقط أنه يعرف حاليا أحسن من ذى قبل كيف يحدث تقدما جديدا ، وكيف يفسر الظواهر الجديدة التى يكتشفها •

ولكن بينما تمضي الكيمياء القديمة في - صناعة حامض الكبريتيك وإنتاج
الظهورات والصابون ، وصهر المعادن ، وتجهيز السبائك - فقد تحقق الكثير من
الكيمياء الحديثة ، وعلى الأخص بالنسبة للتحكم في الجزئيات الكبيرة ، التي
أمدتنا بالبولىامرات (١) والمسماة بالبلاستيك وخيوط النسيج الجديدة . والفكرة
الجديدة بأن الكيمياء ليست كيمياء بالمرة ، بل هي جزء من الفيزيكا ، قد ساعدت
ماديا على جعل كل ذلك ممكنا بطريقتين . احدهما مفهومه تماما ومؤسسة على
المعرفة العلمية الجديدة ، هي استعمال الأدوات الفيزيائية في الكيمياء . والأخرى ،
التي تعد مفهومه بدرجة أقل كثيرا ، هي النظرة العميقة المتطورة لميكانيكية
« العمل المساعد » (٢) .

وقد بين كيرشوف بترن منذ مائة عام أنه يمكن التعرف على العنصر بواسطة
طول الموجة الخاصة بالضوء المرئي الذي يمتصه . وتفهمنا الحديث لطبيعة الذرة
يسمح لنا الآن بتحديد ، بشيء من التفصيل ، المعلومات عن تركيب جزئى بالذات
وعن عدد الذرات الموجودة ، وذلك باختبار مجموعة ألوان الطيف التي يمتصها ،
ليس في الضوء المرئي فقط ، بل في الموجة الأكثر قصرا للأشعة فوق البنفسجية ،
والموجة الأكثر طولاً للأشعة تحت الحمراء . وعلى وجه عام ، فامتصاص الأشعة
تحت الحمراء ذات الموجة الأطول يسبب تغيرات في الطاقة الدورانية للجزئى ،
وامتصاص الأشعة الحمراء ذات الموجة الأقصر يسبب تذبذب الذرات داخل
الجزئى ، كما يسبب دورانا للجزئى . وامتصاص الاشعاع المرئي أو فوق
البنفسجى يسبب إثارة الانكترونات في الجزئى . وامتصاص المادة للأشعاع
ليس منتظما على كل المجال لأطوال الموجات ، ولكنه يبين النهايات العظمى التي
تقابل مستويات مختلفة من الطاقة في المادة الماصة . وان هذه النهايات النمطية
المميزة هي التي تمكن من استعمال مجالات الامتصاص في التحليل .

وتتبع خواص الامتصاص للجزئى في المجال المرئى أو فوق البنفسجى من
وجود الانكترونات التي يمكن دفعها الى مستويات أعلى من الطاقة بواسطة

Polymers (١)

Catalytic Action (٢)

الضوء الساقط . ويحدد التشكيل الإلكتروني للجزء أطوال موجة الضوء المطلوبة لهذا الغرض . كما يحدد التكوين الإلكتروني للجزء التغيرات الممكنة في الطاقة التي قد يتعرض لها الإلكترون . وبالتالي ، فإن طيف الامتصاص كثيرا ما يلقي ضوءا كافيا على التركيب الجزيئي للمادة ، كما يمدنا بوسيلة للتحديد الكمي . وبعبارة أخرى ، فالكياوى فى تعامله مع جزء معقد يختبر خواصه بواسطة - مثلا - « الفوتومتر الطيفى » (١) للأشعة فوق البنفسجية . ولكن كى يتحصل الكياوى على الايضاح الكامل الذى تستطيع هذه الآلة أن تهلمه ، فإنه يحتاج ، بجانب معلوماته فى الكيمياء ، الى معرفة سليمة بالمثل ، عن الفيزيكا الجزيئية ، حقا ، يجب أن يكون الكياوى عالما فيزيقا .

وقد اكتشف سير وليم هيرشل المنطقة تحت الحمراء فى مجموعة ألوان الطيف وذلك عام ١٨٠٠ ، عندما كان يدرس التأثيرات الحرارية النسبية لضوء الألوان المختلفة . « فضاء » ما دون الأحمر ينتج كمية كبيرة من الحرارة ولكنه عديم اللون . والى وقت قريب لم يكن للمنطقة تحت الحمراء من مجموعة ألوان الطيف أهمية كبيرة عند الكيماويين . وحاليا ، على أى حال ، حيث أن الكياوى ، كما كنت أؤكد ، هو اليوم فيزيقى فى الصميم ، فإن التحليل الضوئى الطيفى للأشعة تحت الحمراء هو فى الأرجح من أنعم الطرق لتوضيح تركيب المواد الكيماوية المعقدة .

وتمتص المركبات الكيماوية الاشعاعات تحت الحمراء بعملية الانتقاء ، وقد وجد أن أطيايف الامتصاص ، وخاصة للجزيئات العضوية ، تحتوى على عدد كبير من الشرائط الطيفية الضيقة نوعا ما . وشرائط الامتصاص الخاصة بمركب ما ، تختلف عموما عن تلك الخاصة بمركب آخر . لذلك يعد طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء لمادة ما ، خاصة فيزيقية يمكن بواسطتها التعرف عليها ومعايرتها . ويرتكز الأساس النظرى للخواص الذاتية لطيفيات الأشعة تحت الحمراء على الحقيقة القائلة بأن الشرائط تكون مقابلة لذبذبات معينة للتركيبات الجزيئية . لذلك يعتمد تردد ذبذباتها على كتل الذرات ، وعلى شدة القوى الرابطة للأغلفة الإلكترونية التى تربطها بعضها ببعض ، وعلى التشكيل الهندسى للجزء ككل .

ونظرا لهذا الأساس النظرى كله فقد أصبح من الممكن التعرف على مجالات امتصاص معينة مسجلة بواسطة الفوتومتر الطيفى للأشعة تحت الحمراء وذلك بالتجمعات الخاصة الموجودة فى الجزيء . وعلى سبيل المثال فمجموعات (أيد) ، (ن يد) يمكن التعرف عليهما ، فعندما يكون هناك ، كما يحدث دائما ، ذرتان من الكربون فى سلسلة كربونية ، متصلتين بوصلة ثنائية بدلا من وصلة أحادية بسيطة وبالتالى مرتبطتين تحت حالة من الاجهاد ، فان طيف الأشعة تحت الحمراء سيكشف ذلك .

وخلال الأعوام الحديثة ، بدأ الكيماويون ، يهتمون جديا فى أعمالهم اليومية بالمفهوم عن الطبيعة الفيزيكية للجزيئات التى يستخدمونها . ف نظرية الكم للتركيب الذرى ، التى تقول أن الطبقات المركزية المختلفة أو أغلفة الالكترونات التى تتذبذب حول النواة ، تقع كل منها عند مستوى معين ومحدد من الطاقة يختلف عن الآخر ، وأن أى الكترون ينتقل من طبقة لأخرى لابد أن يكتسب أو يفقد وحدة كم من الطاقة ، هذه النظرية ليست مجرد تصور رياضى يصلح فقط كسؤال للامتحان . فالتحليل الكيمائى الطيفى لأشعة اكس ، الذى قد يستعمل مثلا فى اختبار الصلب القاسى الذى يحتوى على نسبة مئوية كبيرة الى حد ما من التتجستن الذى يجعل الطرق التحليلية الأخرى صعبة ، هذا التحليل ، يعتمد على نظرية الكم . تتوقف هذه الطريقة على قذف المادة تحت الاختبار بواسطة حزمة مناسبة من أشعة اكس . وهذه قد تنغلغل فى المادة وتزيل الكترونا من أحد المستويات الداخلية . وتحتم قوانين الكم وجوب تحول الطاقة المفقودة الى اشعاع ذى طاقة متكافئة ، فبقدر الطاقات الكبيرة المحتواة يتولد اشعاع اكس بذبذبة عالية جدا ، أو بموجة ذات طول قصير .

وقد أمكن الحصول على نتائج مذهشة فى توضيح الفيزيكا الكيمائية للجزيئات المقدمة تماما باستعمال أشعة اكس - وهى فكرة فيزيكية أخرى - كأداة لمسح الأوضاع الحقيقية لأجزاء الجزيء المختلفة فى الفضاء . وبالرغم من أن الكلمات « فيزيقا » و « كيمياء » تجنح دائما لتصبح لا معنى لها كلما تقدمنا فى هذا الفصل ، إلا أنه يمكن المجادلة فى أن وضع الذرات فى الفضاء وقياس المسافات والقوى داخل الذرة يعد فيزيقا أكثر منه كيمياء .

وأطوال موجات أشعة اكس تماثل من حيث المقدار المسافات بين أجزاء الجزيء عندما يوجد في الفضاء كمجموعة ذات ثلاثة أبعاد . ولهذا السبب ، فإن بلورة أى جزيء معين تشتت حزمه أشعة اكس الساقطة عليها بطريقة مميزة . فتكون البلورة بمثابة محزوز للحيود^(١) ذي ثلاثة أبعاد . ولهذا السبب ، فانه يمكن الحصول على نموذج من أشعة اكس المشتتة على لوحة تصوير ، ومنها يمكن الحصول على معلومات عن كيمياء المادة المتبلورة التى مرت من خلالها الأشعة . وهذا يمكن عمله ليس فقط مع المركبات غير العضوية البسيطة جدا ، بل أيضا مع المواد العضوية المعقدة تماما . ويمكن مقارنة ذلك الى حد ما بإمكان التعرف على شخص ما عن طريق دراسة ظله . حقا ، انه من الأمور العادية عند « اخصائى دراسة البلورات »^(٢) بواسطة أشعة اكس ، أن يحصلوا على مجموعة من « الظلال » ذات البعدين بتحريك وتقليب موادهم ، والتي يستدل منها على الشكل الحقيقى ذى الأبعاد الثلاثة للمركب المختبر . واستعمال أشعة اكس فى معرفة البلورات لاستنتاج التشكيل الكيميائى لفيتامين ب_{١٢} ، أحد المواد التى لها تأثيرات مضادة للأنيميا الخبيثة ، هو مثال جديد للطريقة التى يمكن بها تطبيق هذا التكتيك الفيزيقي على مسألة كيميائية .

بل يمكن الحصول على نتائج أدق من ذلك باستخدام أشعة اكس ذات الموجة القصيرة القوية النفاذ لتبحث داخل التشكيل الجزيئى للمواد الكيماوية . فحبة الملح أو السكر تتكون من تجمع بلورى متعدد ، ووحدها مرتبة ترتيبا عشوائيا . ومن جهة أخرى ، تتخذ بعض المركبات ذات الجزيئات الكبيرة — مثل النايلون تركيبا بلوريا مرتبا فى اتجاه واحد خاص . وعند عمل فتلة النايلون بمصنع ، يعتبر شدها أحد العمليات الأخيرة . وواضح أن التكوين الكيميائى واحد للنايلون المشدود والغير مشدود ، أما التشكيل الكيميائى قبل وبعد الشد فمختلف . وهذا الاختلاف ، الذى يكون فى الطبيعة البلورية للمادة ، يمكن تحديده من صور فوتوغرافية مناسبة لحيود أشعة اكس . وهذه الطريقة لتقدير اتجاه ودرجة الترتيب للتشكيل البلورى تستعمل حاليا فى دراسة التركيب الكيميائى للمعادن

Diffraction Grating (١)

Crystallographers (٢)

والبوليمارات والتركيبات من جميع الأصناف التي يتم سحبها أو استخلاصها أو شدّها .

ويمكن أن نلاحظ من خلال ذلك كله ، أنه بينما قد تستمر الكيمياء التقليدية حتى الآن ، إلا أن الفهم الفيزيقي الجديد لطبيعة الجزيئات والذرات يسمح باستعمال الآلات الفيزيكية الفعالة والحساسة . فبجانب الفوتومتر الطيفي الذي يستخدم الاشعاعات المرئية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء ، والتصوير الطيفي بأشعة اكس وما شابه ، فهناك آلات أخرى هامة . فقد أمكن الآن مزاولة الرقابة الكيميائية للعمليات في المصنع بواسطة « مطياف الكتلة » (١) وهي آلة لا تستخدم نظام ضوئي بالمرّة ، سواء كان تشغيلها بواسطة الأشعة المرئية أو بتلك الأطول أو الأقصر . انها آلة تزودنا فيها بالكترونات بالقوة الدافعة التي تحلل المادة المتبخرة الى أيوناتها المركبة والتي تتكون منها جزيئاتها . وهذه العملية - التي تؤدي ، دعنا ههول ، لأغراض التحليل الكيميائي - هي تطبيق مباشر لتفهنا الحديث لطبيعة التركيب الذري الفيزيقي - أي ، نواة مركزية محاطة بأغلفة الكترونية . والمادة المختبرة التي قد تكون خليطا من غازات مركب عضوي معقد تماما ، والتي تأين ، ثم تنفصل أيوناتها وتتحرف ، ثم تتركز في النهاية ، لا يكون هذا بواسطة منشورات زجاجية أو كوارتزية وعدسات ، ولكن بواسطة مجالات كهربائية ومغناطيسية وربما أمكن وصف العملية كلها « بصريات التأين » (٢) . وينتج عن مرور العينة خلال مطياف الكتلة أن تنفصل مركباتها بترتيب كتلها الى ألوان طيف يمكن تسجيلها تلقائيا على لوحة بيانية .

ومطياف الكتلة آلة دقيقة وثينة ، تشتمل على أماكن تسمح بدخول العينات ، وترس للمغناطيس الكهربائي ، عدا تلك المعدات المساعدة كالمكبرات والمسجل الفوتوغرافي التلقائي . وعلى أي حال ، فقد استخدم أحدها لعدد من السنين كوسيلة للاحكام الرقابة الروتينية في مصنع كيماوى للصناعات الكيماوية الامبراطورية ، كما أقيم بالتالى اثنان آخران ليتداولوا يوميا ما يزيد عن المائتى

Mass Spectrometer (١)

Ion Optics (٢)

عينة في المتوسط . وقد ذكر عنها - في الواقع - أنها تقوم بعمل ستة وثلاثين مساعد معمل ممن يستخدمون الطرق الكيماوية المعتادة .

وتستخدم الالكترونات في مطياف الكتلة كمقذوفات ذات قيم مناسبة لتفصل الأربطة الالكترونية التي تماسك بواسطتها جزيئات المركبات المختبرة بعضها بالآخر . وهذا يمكن من انتاج ألوان طيف للأيونات المنفصلة . ولكن الالكترونات - التي هي بالطبع جسيمات مفردة ذات كهربية سالبة - يمكن أيضا استعمالها كما لو كانت ضوءا . وأريد أن أتحدث عن الميكروسكوب الالكتروني كألة حقيقة (وهو حاليا كذلك) . ولكن من المهم قبل أن أفعل ذلك أن أشير الى أن النمو الكلي « للبصرات الالكترونية » يرتكز على واحد من أكبر أساسيات الآراء الفلسفية الحديثة في علم الطبيعة - وكذلك من أكثرها تناقضا . انه الوجود لتأثيرات يمكن تفسيرها بالاعتقاد بأنها ترجع لشيء موجود كمجموعة من الجسيمات وفي نفس الوقت كالموجة . وسنحتاج لأن ندخل في هذا بمزيد من التفصيل في الفصل القادم حين لا نضع في الاعتبار « الى أي مدى وصلت الكيمياء » ، ولكن بالأحرى « عن ماذا تكون الفيزيكا » . وفي نفس الوقت فقد كنا هنا نناقش السلوك الكيميائي للذرات ، التي تتكون من نواة تتزايد كتلتها بانتظام كلما اتقلنا من العناصر الخفيفة كالإيدروجين والفلورين ، الى المواد الثقيلة كالرصاص واليورانيوم . وتدور حول نواة كل منها مجموعة من سحب الالكترونات المتمركزة . وكل سحابة أو غلاف ، تتكون من هذه الالكترونات كوحدة جسيمات ذات كهربية سالبة . ولكن بالوصول الى هذا الحد ، بايضاح أن هذا التفسير الفيزيقي للتركيب الذري يلائم حقائق الكيمياء كما وضعها دالتون ومنديليف وكثيرون غيرهم ، وبرؤية كيف أن ذلك يوضح الآن أيضا أداء الأجهزة الفيزيكية الحديثة التي يعتمد الكيميائيون عليها اليوم لدرجة متزايدة - فصل الآن الى آلة جديدة هي المجهر الالكتروني ، حيث لا تسلك الالكترونات مسلك الجسيمات ، بل تتخذ بدلا من ذلك مميزات الحركة الموجية .

ففي عام ١٩٢٤ ، قدم دي برولي أولا فكرة أن هناك شيئا له طبيعة موجية مترابطة مع جسيمات المادة وخاصة الالكترونات . وبعد عامين ، استنبط شرودنجر نظرية ميكانيكا الأمواج وعلاقتها بالبصرات ، وفي نفس العام - ١٩٢٦ - أظهر

بوش أن أنواعا معينة من المجالات المغناطيسية أو الكهربائية يمكن أن تعمل كمعدسات للالكترونات والجسيمات الأخرى المشحونة • والآن ، بناء على ذلك ، فإنه يمكن باستخدام حزمة من الالكترونات بدلا من الضوء ، ومجالات مغناطيسية بدلا من الزجاج أو الكوارتز ، تكوين المجهر الالكتروني الذي يمكن الانسان من رؤية أجسام لا تعدو أجزاء من مائة من أصغر الأشياء التي استطاع أفضل الميكروسكوبات الحصول عليها قبل ذلك • وتسلسل الوقائع هو كالآتي • عين الانسان يمكنها فقط رؤية هنة قطرها خمس ملليمتر - أي ٢.٠ مم • وبمنظار مكبر يمكن للانسان بالكاد رؤية جزء من مائة من الملليمتر ، أي ١٠^{-٢} مم وبواسطة ميكروسكوب جيد يمكنه بلوغ جزئين من عشرة آلاف جزء ، أي ٢ × ١٠^{-٤} • أما الآن فباستخدام المجهر الالكتروني يمكن رؤية الجسيمات التي قطرها جزء من المليون من الملليمتر - أي ١٠^{-٦} مم • وهذا يقارب حجم جزيء صغير نسبيا •

والكيميائي يهتم تركيب وسلوك الجزيئات التي يستخدمها • ولكن عدم امكانه معالجة ودراسة جزيئات مفردة ، أجبره بطبيعة الحال على بلوغ نتائج بدراسة النتائج الاحصائية المتحصل عليها باستخدام عدد كبير من الجزيئات • وباستخدام هذا التقريب أمكن الحصول على معظم الكيان الشامل لمعلوماتنا الكيميائية الحديثة • ولكن أحيانا - وبصورة أكبر بالنسبة للاهتمام الحديث بالجزيئات الكبيرة كالبوليمرات التي تشمل مجال صناعات البلاستيك وكثيرا من علم الحياة كذلك - لا يكون الجزيء الكيميائي كيانا احصائيا كيفما اتفق ، فله أيضا تركيب ووضع خاص بالنسبة للجزيئات الأخرى المحيطة به • وقد أشرنا من قبل الى الاختلاف بين تركيب فتلة النايلون المشدودة والغير مشدودة كما أظهرها الفحص البلوري بأشعة اكس • وهنا يبدأ المجهر الالكتروني ، وهو آلة فيزيقية ، في اعطاء المعلومات الأساسية عن تنظيم الجزيئات الكيميائية •

فأولا ، يستطيع المجهر الالكتروني أن يساهم في الدراسات عن مثل هذه الجزيئات الكبيرة كالسيلولوز والأنسجة الأخرى ومادة مثل المطاط المكبرت • وثانيا ، فهو قد أعطى معلومات ذات أهمية خاصة عن السناج ، الذي له من الخواص ما يمثل خطا للحدود بين الكيمياء والفيزيقا عند استخدامه في تقوية المطاط

أو كصبغة في حبر المطابع • ومواد أخرى كثيرة مما تجد لها مكانا كدهان أو كصبغات وريش اللاكيه تكون بصفة خاصة ملائمة للفحص بواسطة المجهر الالكتروني • ونجد ضمن هذه المواد ثاني أكسيد التيتانيوم وأوكسيد الزنك والأزرق التتروجيني • كما اختبرت أيضا الأتربة المعدنية المستعملة في صناعة التعدين بالمساحيق •

ولكن قد تكون أهم جميع امكانيات المجهر الالكتروني هي مقدرته على دراسة طرق معينة ، والتي بالرغم من استعمال الكيميائيين الشائع لها وقبولها في كيان المعلومات الكيميائية • ليست مفسرة بالكامل بواسطة قوانين الكيمياء المعروفة • وأشير هنا الى فعل « الوسيط الكيميائي » (١) •

والوسيط الكيميائي مادة تسبب حدوث التفاعل الكيماوى الممكن حدوثه ولكنه لا يحدث • وعلى وجه عام ، فالتفاعل الكيماوى سيتم في اتجاه واحد فقط • بمعنى أن الطاقة لا بد أن تتوفر قبل أن تتوقع حدوث أى شئ على الإطلاق • فالمادة المتفجرة تنفجر وتطلق طاقة لوجود طاقة كيميائية في جزيئاتها لا بد لها من أن تنطلق قبل أى شئ • فالحديد يصدأ ، والورق يحترق ، وفي مجال الكيمياء الحيوية ، تنجز المخلوقات حياة نشيطة بهضم الطعام الذى تأكله ، ذلك لأنه في كل حالة ، يحتوى الحديد « المختزل » والكربون « المختزل في الورق » والكربون « المختزل في الخبز » على كمية من الطاقة أكبر مما يحتويه الحديد المؤكسد والكربون المؤكسد — أى ثاني أوكسيد الكربون — وهى النتائج النهائية للاتحاد الكيميائي مع الأوكسجين الذى يحدث في جميع العمليات الثلاثة • ولكن بالرغم من وجود طاقة جاهزة للانطلاق في عدد كبير من التفاعلات الكيماوية الممكنة، فكثير منها لا يحدث، الا في حالة وجود وسيط كيماوى يساعد على أداء عملها •

وهناك كثير من التفاعلات الكيماوية ذات الأهمية الاقتصادية والنفع الكبيرين والتي يمكن نظريا حدوثها ، ولكنها لا تحدث • أو بالأحرى فهي لا تحدث الا بادخال مساعد ما — انه الوسيط الكيماوى • وضمن تلك التفاعلات المرغوبة توجد هذه العمليات الرئيسية كاستخراج البترول من الفحم ، وصنع زبدة الطهى

(١) العامل المساعد

« المترجم »

من زيت النخيل ، وعمل السماد الصناعى من الهواء • ويصنع حامض الكبريتيك ، الذى ربما يعد أهم الكيماويات الثقيلة كلها ، بطريقة تعتمد على استخدام الوسيط الكيماوى المناسب ، الذى ينما يتسبب فى حدوث التفاعل الكيماوى ، لا يدخل بنفسه ضمن سلسلة التفاعلات • والصناعة الكيماائية الدقيقة فى القرن السابق التى أنتجت الأصباغ والعقاقير والكيماويات المتوسطة من أصناف كثيرة وذلك من قطران الفحم حل محلها اليوم بصورة واسعة انتاج مائل مبنى على استخدام الكيماويات المشتقة من البترول • وأغلب هذه الصناعات الحديثة تعتمد أيضا على اختيار الوسيط الكيماوى المناسب •

ويمكن على الفور ادراك أن مهمة الكيماويات الوسيطة أمر ذو أهمية أولى فى الكيمياء ، وليس فقط فى كيمياء صناعة حامض الكبريتك ، وصناعة انتاج كيماويات البترول بالتكسير بواسطة الكيماويات الوسيطة • ففى الكيمياء الحيوية التى تتضمن كيمياء الأنسجة الحية ، يمكن غالبا لمادة مثل الجلوكوز أن تتحلل فى الحال عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيماوية المتصلة لتطلق طاقة - ويحدث هذا التسلسل السريع من التغيرات الكيماوية عند درجة الحرارة المنخفضة نسبيا : ٣٧ درجة مئوية - أى ٩٨.٢ درجة فهرنهايت ، أو ما يقرب من ذلك • ومع ذلك فاذا ترك ملء ملعقة من الجلوكوز فى المعمل ملتصقة بالأوكسجين ، فلن يحدث شيء على الاطلاق - الا اذا أشعلت فيها النار •

وكل أنواع المواد تعمل ككيماويات وسيطة • فبخار الماء وسيط كيماوى فى عملية تأكسد الحديد • أعنى ، أن الحديد يصدأ أسرع اذا كان مبتلا • والأوكسجين وسيط كيماوى لبلورة غاز الايثيلين فى تكوين « البوليثين » • ثم هناك تشكيلة كبيرة من الكيماويات الوسيطة الصلبة مثل البلاطين الاسفنجي والنيكل والزنك والحديد والنحاس ، وفحم الخشب • ومنذ وقت ليس ببعيد ، فى عام ١٩٣٠ مثلا ، اعتادت فرق البحوث فى محاولتها للحصول على طريقة صناعية للعمل أن تبحث عن الوسيط الكيماوى المناسب بواسطة المحاولة والخطأ فقط • فهم يجربون فقط كل توليفة معقولة من المعدن أو أوكسيد أو كبريتيد المعدن ليروا ما اذا كانت متعطى تأثير الوسيط • ولكن فى هس الوقت ، أنجزت مع ذلك كمية كبيرة من الدراسة عن ميكانيكية ما سمي بـ

« الحالة الجامدة » ، وبدأت المعرفة تتجمع وتزايد عن الأنواع المختلفة من المعادن ، وعلى سبيل المثال ، عما يجعل بعض المعادن موصلا جيدا للكهرباء بينما البعض الآخر موصلا رديئا ، في حين توجد مجموعة ثالثة تعد أشباه موصلة ، وهى التى تسمح بمرور التيار الكهربائى فى اتجاه ما بسرعة أكبر من الاتجاه الآخر . وفى عام ١٩٤٠ ، بدأت هذه الآراء (على حدود الكيمياء والطبيعة) تمتد الى بعض من ألفاز فعل التوسط الكيماوى . فقد لوحظ أن المواد الصلبة التى تدخل كوسيط كيماوى فى عملية الأكسدة الكيميائية أغلبها موصلات الكترونية ، فى حين أن الكيماويات الوسيطة فى تفاعلات الأحماض مع القلويات كانت معظمها غير موصلة . وهكذا تبلورت الفكرة بأن سلوك المادة كوسيط كيماوى يعتمد على التشكيل الالكترونى لها فى حالتها الجامدة .

وحتى هذا التصور عن عمل الوسيط الكيماوى - أى ، عن تأثير التركيب الخاص للجزيئات على قاعدة من الوسيط الكيماوى الجامد التى يمكن عليها حفظ ذرات المادة المتفاعلة أثناء تفاعلها مع بعضها - لم يصل نهايته بعد . وبعض أمثلة التوسط الكيمايى يمكن تفسيرها بطريقة مرضية بقواعد « كيمياء الامتصاص » . فالمواد المتفاعلة تبدو وكأنها قد امتصت على سطح الوسيط الكيماوى ، وتنتشر وصلاتها الالكترونية للخارج ، مثلا ، لتمكنها من التفاعل مع بعضها ، قريبا بنفس الطريقة التى « يتفاعل » بها صوف الرق بسرعة أكثر مع الجورب المثقوب عندما يكون الجورب مشدودا على سطح بيضة خشبية . وبالرغم من أن رياضيات هذه النظرية وطبيعتها ، لم يكتمل حتى الآن ، إلا أنهما مفهوماتان جزئيا على الأقل .

وما زال هناك الكثير لا بد من اكتشافه قبل أن نحرز المعرفة الكاملة عن الميكانيكية التى بواسطتها تمهد السبيل للتفاعلات الكيماوية عن طريق توسط الكيماويات الوسيطة ، ولكن الاكتشافات الحديثة بدأت فى اظهار كيف أن الفيزيقيا المستخدمة فى الكيمياء بهذه الطريقة ، قد تدمج كلا العلمين مع ما يمكن الحصول عليه فقط فى نطاق علم الحياة حتى الآن . وأشير هنا الى كيماويات

زيجلر^(١) الوسيطة واستخدامها في كيمياء البوليمرات ، وعلى الأخص في إنتاج البوليئين .

وكافت أولى انجازات علم الكيمياء هي الحصول على المعادن كالذهب والبرونز والحديد ، وبعد ذلك ، الألومنيوم والمغنسيوم وكثير غيرها . وفي الحقبة الثانية للكيمياء ، المتداخلة جزئيا مع الأولى ، جاءت قائمة المواد التي نعتقد أنها منتجات تقليدية لصناعة الكيمياء ؛ كالبارود والمفرقات الأخرى ، والأصبغ والعقاقير ، والأسمدة الصناعية ، وحامض الكبريتيك والقلويات والصابون ، والمطهرات — فالقائمة من النوع الطويل . وجاءت الحقبة الثالثة للكيمياء بانطلاقة . أنها المقدرة على جعل المواد سلعا . فالأنواع المختلفة من الخشب ، كالبلوط وخشب الماهوجني ، وخشب الأناناس وخشب الجوز أو شجر الاسفندان ، التي يصنع منها الأثاث والقوارب ومضارب اللعب وأدوات من كل الأصناف ، ثم العاج والقرون والعظام ، وجلد الأحذية وجلد صغار الماعز وجلد أثى الغزال والجلد الملون ، ثم الأصواف والأقطان والحرير والكتان ، كل هذه المواد قد استخدمت لعدة أجيال وكنا نعتمد في صنعها على مصادر الأشياء الحية . ولم يفهم الا حديثا جدا أن التركيب الكيماوى لكل هذه المواد يتكون أساسا من عدد صغير نسبيا من الوحدات الكيميائية — وحدات سكر الجلوكوز وأحماض الأمينو الأزوتية وما شابه — المتكررة مثل الفرزة المكوسة والمستوية في الحياكة ، والتي تتشابك بطرق شتى لتعطى الصلابة أو الليونة أو المرونة المختلفة المميزة للشكل الأخير للسلعة . وليست الذرات الكيميائية هي التي تهم كثيرا ، أى الكربون والتروجين والكبريت والأكسجين ، بل الطريقة التي يلتزم بها التركيب .

وتعرف الآن الصناعة الكيميائية كيف تصنع الوحدات المناسبة المسماة بـ « المونومرات »^(٢) والتي يمكن أن يشكل منها « البوليمرات »^(٣) الملائمة . فلايثيلين والميثيل — ميثاكريلات يتحدان مرة ومرة أخرى لتكوين

(١) Ziegler

(٢) المونومرات : اتحاد بين عنصرين أو أكثر كل بلرة واحدة .

(٣) البوليمرات : المواد التي تتحد عناصرها المكونة بعدد متساو من ذرات

العناصر . « المترجم »

« البروسبكس » • والهكسا ميثايلين - ديامين ، والحامض الأديبي يتحدان بمدد متساو من ذراتهما ليكونا النايلون • كما تتحد جزئيات الايثيلين في سلسلة طويلة متشابكة تعطى البوليثين •

والبوليثين ، أو ، البولى ايثيلين ، على حد تسميته الكيميائية الأكثر صوابا ، يتركب من الايثيلين ، وهو وحدة ذرتى كربون مشتقة من البترول • وفى الطريقة التقليدية الحالية لصنعه يمكن احداث اتحاد وحدات غاز الايثيلين (بلمرته) في سلاسل طويلة من ألف ذرة كربون أو أكثر وذلك بوضعه تحت ضغط هائل ٣٠٠٠٠ رطل على البوصة المربعة ، وعند درجة حرارة ٢٠٠ درجة مئوية ، مع وجود قليل من الأوكسيجين ليعمل كوسيط كيماوى • وكان اكتشاف الحقيقة بأن الأوكسيجين كان وسيطا كيماويا لهذا التفاعل ، محض صدفة ، كما كان الحال بالنسبة لعدد كبير من الكيماويات الوسيطة الأخرى التى عرفت قبله • والبلمرة التى تحدث تحت هذه الظروف عشوائية بعض الشيء • وسلاسل الايثيلين تزداد طولاً ، ولكنها ، كما كانت ، تظل مشتبكة ومتفرعة هنا وهناك • على أنه فى عام ١٩٥٥ ، استحدث البروفسور كارل زيجلر ، من معهد ماكس بلانك لأبحاث الفحم بمدينة اسن ، نوعاً جديداً من الوسيط الكيماوى • وهذا الوسيط الكيماوى ذو التركيب المحكم تماماً والخاص به ، له القدرة على عمل جزئى البوليثين بطريقة منظمة عندما تمضى عملية البلمرة قدماً • والوسيط الكيماوى الجديد بجانب انتاجه كمادة ذات تركيب أكثر انتظاماً فإنه يسمح باستمرار التفاعل تحت الضغط الجوى العادى وعند درجة حرارة متوسطة •

ويبرز من ذلك كله مضمونان هامان : الأول ، أن المجهر الالكترونى وجهاز دراسة التبلور بأشعة اكس يستطيعان الآن ، عن طريق مدنا بالمعلومات عن وضع الجزئى وعن القوى الفيزيقية التى بواسطتها يتحرك ويلتصق بالجزئيات الأخرى ، أن يعطيا المعلومات المفيدة عن كيميائية الطريقة التى

تتكون بها البوليمارات • ومن جهة أخرى ، فإن العمل الفيزيقي الكيميائي الفذ الذى بواسطته يحدث وسيط كيمائى مصمم عن قصد نموا مرتبا لتركيب كالبوليثين ، الذى لا يختلف كثيرا عن الجلد ، وهو ما يعد القشرة الخارجية الواقية لثور ، أو لهذه المادة من اللحم – التى تتكون منها الخلايا الحية – هذا التحصيل الفيزيقي – الكيميائى يبدأ ليقترب نحو علم الحياة • ولكن الاحتمالات أمامنا ستقودنا مع ذلك الى أبعد • فالأنسجة الكيمائية التى أحدثنا بها انقلابا فى العالم الحديث – « النايلون » و « التيريلين » و « البرلون » ومثيلاتها – هى حقا دقيقة وعظيمة • والخلقة مع ذلك ، ما زال بإمكانها التقدم الى أبعد • فالأصابع الدقيقة المتحركة التى بواسطتها تحرك بعض الكائنات المجهرية نفسها تدعى بالمحالب (١) • وكل منها نسيج متبلر (ولكنها تبلمرت بالفطرة) • وكل منها عبارة عن اسطوانة من تسعة ألياف صغيرة حقيرة تغلف اثنين آخرين • وقد شوهدت هذه بواسطة الميكروسكوبات الالكترونية • وكل منها جزئ كيميائى عملاق قائم بذاته • ومع كل فان كلا منها متكاملة فى مجالها الدقيق : أى أن العمليات الجزيئية الخاصة بالحركة البيولوجية مجردة الى أدنى ضرورياتها •

والكيمياء علم يطول تعليمه • فكل كيمائى لابد له أن يظل يتعلم مهمته • والعناصر الاثنا والتسعون الموجودة على الأرض قد ازدادت الى مائة واثنين ، حين قام علماء الطبيعة بتخليق عدد منها صناعيا • ولابد من التحكم فى قوانين تبادلاتها وتفاعلاتها • ولكن خلف هذه المبادئ الأولية التى لابد أن يعرفها الرجل المحترف ، ترقد هناك فى ناحية جسيمات وقوى علم الفيزيكا الحديثة ، وفى الناحية الأخرى تركيب وحركة علم الحياة •

الفصل الثالث

الفيزياء موضوع الساعة

ان لدينا فكرة عامة حاضرة عن ما هية العمل الجيد ، بالرغم من أننا قد نجد صعوبة في تعريفه بدقة • وبالمثل ، فعلم الفيزياء — الذى غالبا ما يعرف ببساطة على أنه أوجه النشاط التى يجد فى أثرها علماء الفيزياء — قد عرف حتى الآن على أنه يتناول مجسوة خاصة معينة من الموضوعات • ولكن الفيزياء كفت عن أن تكون موضوعا منفصلا منذ عام ١٩٠٥ حين أعلن أينشتين معادلته $E = mc^2$ ، والتى تعنى أن الطاقة تعادل الكتلة مضروبة فى مربع سرعة الضوء •

وركنا عالمنا الخارجى هما المادة والطاقة • والكيمياء علم المادة ، أما الفيزياء فيمكن الادعاء بأنها علم الطاقة • وكما أشرنا من قبل ، يعتمد التمييز بين المواد الكيميائية المختلفة عند أقصى مستوياته البدائية ، على اللون والوزن والرائحة ، أو صفات أخرى تحدث تأثيرا على احساساتنا • وانه لشيء تقليدى أن نصف أفرع علم الفيزياء على نفس هذا الأساس • فمنذ جيل مضى — وحتى حاليا لدرجة ما — كان صفار تلاميذ المدارس يتعرفون على الفيزياء عن طريق الحرارة والضوء والصوت • وأن طاقة الحركة هى بالطبع التى تحدث الاحساسات بالحرارة والبرودة تماما كاللدغنه واللمس • فنحن نرى الضوء لسقوط طاقة اشعاعية بذبذبة معينة على قرنيات أعيننا • ونسمع الصوت عندما تقوم صورة أو أخرى من صور الطاقة بتوصيل طاقة للهواء ، وبالتالي محدثة موجات ذات ذبذبة مناسبة لنقل الحركة للخلايا الشعرية على الأغشية السمعية ، اما خلال عظام رأسنا ، أو عن طريق الأغشية السمعية لأذانتنا •

ومن التناقض الغريب أنه في الوقت الذي كانت تنشأ فيه أسس الكيمياء الحديثة ، أدعى عدد كبير من علماء الفيزيكا ، والذي كان من أبرزهم لافوازييه ، بأن الحرارة ليست جزءا من علم الفيزيكا ولكنها تنتمي الى الكيمياء . وبالفعل ، وضع لافوازييه في عام ١٧٨٩ « الكالوريك » (أى الحرارة) كالأول في مجموعة من العناصر بقائمة تحتوى على الأوكسيجين والنيتروجين والكبريت والفوسفور ، وخمسة وعشرين آخرين . وقد كان هو ، ومن وافقه في آرائه ، يعتقدون أن الحرارة تتكون من جسيمات مادة ، من ذرات دقيقة لمادة الكالوريك تحتل الفراغات بين ذرات أو جزيئات أجسام مواد أخرى .

وبنفس طريقة التفكير كان الضوء نوعا كيمياويا بالمثل ، وكان يعتبر أنه يتكون من جسيمات مادة . وكانت الأجسام الممغنطة مملوءة « بالسيالات المغناطيسية المتصاعدة » ، واحتوت الحيوانات الحية على سائل : « أرواح حيوية » . ولم يكن هناك سبب للافتراض في القرن الثامن عشر بأن هذه العناصر - الكالوريك ، السيالات المغناطيسية المتصاعدة ، الضوء ، والبقية - احتوت أى علاقة ببعضها تزيد على ما كان للعناصر الكيماوية المختلفة النيتروجين والكبريت والفوسفور . ولكن عندما اختلط القرن الثامن عشر بالتاسع عشر ، نضجت النظرة الحديثة (لأمسنا نحن) بأن طاقات ، الحركة والحرارة والضوء والكهرباء ، والفعل الكيماوى والمغناطيسية ، يمكن أن تتحول أحدها الى الأخرى كما يمكن تصورهما كمظاهر مختلفة لكيان واحد - وبالتحديد هو الطاقة ! وانه لمن تناقض القرن العشرين الظاهرى أن علينا الآن أن نأخذ الطاقة ، وهى ادراك منتم الى الفيزيكا ، ونخلطها ثانية بالكيمياء تمشيا مع قانون اينشتين . وحقيقى ، بالطبع ، أنه عند المستويات التى يمارس فيها الكيمايى عمله التقليدى ، يوجد فرق فى النوع بين العناصر الكيماوية واختلافها الظاهرى ، وبين الطاقة ، - سواء كانت ضوءا أو كهرباء أو حركة ؛ أو حرارة - وانتظامها الواضح . ومع ذلك ، كما أوضحنا مناقشتنا فى الفصل السابق عن بعض الطرق الكيماوية المستعملة اليوم فانه سرعان ما تصبح الخبايا الذرية لذرة كيماوية متضمنة فى طبيعة الطاقة الجسيمية .

وفكرة أن الحرارة كانت مجرد نوع من الحركة قد اقترحت لأول مرة بواسطة فرانسيس باكون وذلك فى عام ١٦٢٠ ، ولكن كان سير بنيامين

تومسون ، والكونت فون رامفورد ، هما من أظهرتا في عام ١٧٩٩ ، بتوصيلهما صهرج بماسورة بندقية أجرى قنبها بمقرب يدار بالحياد ، أن العمل الميكانيكي يمكن تحويله الى حرارة قد تغلي الماء الموضوع في الصهرج . وأثبت ميخائيل فراداي بعد ذلك أن الشغل يمكن تحويله الى كهرباء ، وأن الكهرباء يمكن تحويلها الى مغناطيسية . ولعشرات السنين كان المعتاد الادعاء بأن الكهرباء لا يعرف كنهها أحد . أما اليوم فنعرف . فالكهرباء التي تسرى في الأسلاك المركبة في منازلنا بواسطة شركة الكهرباء ، والتي نستخدمها في العمل (في المكائن الكهربائية) ، وفي الحرارة (أفران التحميص) ، وفي الصوت (الأجهزة اللاسلكية) ، أو في الضوء ، تتكون من صف من الجسيمات الصغيرة - الكترونات - كلها متماثلة بالضبط وكلها تزن جزءا من ١٨٣٧ جزءا من ذرة الايدروجين . فلتسير تيار مقداره أمبير خلال مدفئة كهربية ، لابد أن يمر في السلك 6.24×10^{18} الكترونات في كل ثانية .

وتنح الآن في القرن العشرين مع الكهرباء ، التي تعد بوضوح جزءا من الفيزيكا - وليس الكيمياء - كما أنها تعد بجلاء مظهرا للطاقة ، التي قد تعبر عن نفسها على هيئة حرارة ، ضوء ، صوت ، أو شغل ، ولكنها في نفس الوقت تتكون من جسيمات هبائية - هي الكترونات - والتي ، كما ناقشنا ذلك في الفصل السابق ، تكون أيضا جزءا من مادة كل الذرات الكيميائية .

والضوء ظاهرة طبيعية أخرى لقيت آراؤنا عنها بعض التغيرات الهائلة خلال الفترة الثورية الحاضرة من التقدم العلمي ، وقد اعتبرنا قبل ذلك الدور الغريب الذي تلعبه مجالات امتصاص الضوء ، كما يظهرها المطياف ، في التعرف على العناصر الكيماوية المختلفة . وحتى القرن السابع عشر تراءت مجموعة من الآراء المختلفة عن أصل الضوء . وتدرجت هذه الآراء من الفكرة بأنها كانت بمثابة تأثيرات روحية - مثلا ، كأن تلتقي عينا الفرد بحزمة رقيقة وكريمة من الضوء - الى النظرية القائلة بأنها نوع من القوة ، أو الاهتزاز ، كما كان الصوت ، أو تيار من الجسيمات . ومنذ وقت ييوتن حتى حوالى عام ١٨٠٠ كان مقبولا بصفة عامة أن الضوء يتكون من جسيمات ، بالرغم من أن كريستيان هويجنز افترض أنه من الأحسن تفسيره على أنه يتكون من موجات

منتشرة بواسطة مادة غريبة ، جامدة جدا ، ورقيقة جدا مع ذلك ، انه الأثير المضيء .

وبالرغم من أن لنظرية الدقائق للضوء لنيوتن بعض الزايا في بساطتها المنسجمة ، الا أنها فشلت في اعطاء التفسير المرضي لعدد من الظواهر الملاحظ حدوثها عند مرور الضوء خلال موانع بها قُب أو أكثر أو فتحات ذات أشكال مختلفة . فالصورة الملونة التي تشاهد من خلال نسيج مظلة حريرية عند النظر الى مصباح طريق بعيد عادة ما تذكر كمثال لواقعة تفسرها القوانين الرياضية لحركة الموجة كأحسن ما يمكن . ولكن فكرة الموجة تتطلب وجود وسط قادر على التموج . وحيث ان الملاحظات في المعمل والحسابات الرياضية بالمثل دلت على أن الضوء ، اذا كان موجة ، كان ذا حركة مستعرضة ، فلا بد لمادة الأثير الافتراضية أن تكون قادرة على قَل مثل هذه الموجة . وقد استلزمت ، لذلك ، أن تكون نوعا من الصلب المرن أو الهلام . وبما أنه كلما ازدادت سرعة ذبذبة الموجة وجب أن يكون الهلام أشد صلابة ، فالمادة التي تقدر على نقل موجات الضوء - اذا واجدت - لابد أن تكون صلبة جدا بالفعل ؛ وفي الحقيقة ، أقصى كثيرا من الصلب ! ومع ذلك فقد ظلت الذرات والجزيئات طوال الوقت تتحرك خلالها بدون أى اضطراب !

ومن الواضح أن أثيرا مفترضا له مثل هذه الخواص العجيبة كان في خطر من أن يتمزق تطبيقا لرأى أوكام . وهذا الرأى المنطقي المفيد يقول باللاتينية ما يعنى عموما ، أن التفسيرات البسيطة خير من التفسيرات المعقدة بدون داع . وقد كان هذا الرأى كمرشد ذهني نافع منذ أن وضعه وليم أوكام في عام ١٣٤٠ أو حوالي ذلك .

وآراء علماء الفيزيكا المصريين عن الضوء أنه يكون نتيجة لتيار من الجسيمات ، الفوتونات ، التي تمتلك كل منها كما من الطاقة . ويبدو أن الفوتون يمكن قسمه مع الالكترون والبروتون كأحد الوحدات الثلاث الأساسية للمادة - بالرغم من أن التمييز النهائي بين الجسيمات قد يصبح اليوم غامضا مبهما ، تماما كما يتحطم تماسك الذرات الكيماوية المختلفة باكتشاف الجسيمات . فالالكترون المحيط بالعنصر الكيماوى ، كما رأينا قَبلا ، أصغر

بكثير من البرتون في النواة . وبطريقة مماثلة فكتلة الفوتون حوالى خمسة أجزاء فقط من المليون من كتلة الالكترتون . وفى الحقيقة ، تكون كتلته مشتقة من حركته ؛ وسناقش ذلك فيما بعد بإيضاح أكثر . وهو لا يحمل شحنة كهربائية كما يحمل الكترون أو بروتون ، ولكنه يمتلك مجالا كهربائيا . أى، أنه يؤثر على الكترون فى جواره .

وقد اكتشف ميخائيل فراداي أن الضوء له علاقة بالمغناطيسية والكهرباء ، فكان ذلك أحد الحقائق التى أدت الى الغاء الاعتقاد فى الأثير المنتشر فى كل مكان . فقد أظهر أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يتسبب فى دوران شعاع من الضوء المستقطب ، عند ما كانت حركة ذبذبه فى مستوى واحد معين . فإذا كان المغناطيس يستطيع التأثير على الضوء ، فلا بد أن يكون للضوء شئ مغناطيسى . ثم أوضح جيمس كلارك ماكسويل أنه يمكن تفسير ظاهرة الضوء على أنها تعاقب سريع مستعرض لمجالات كهربائية ومغناطيسية متعامدة على بعضها . وفى نفس الوقت فانه يمكن حساب سرعة الضوء من تجارب كهربائية ومغناطيسية بحتة .

وبرجعنا هذا الى عام ١٩٠٥ . واينشتين ، مؤسس العالم الحديث للفيزياء والكيمياء المتراقبين هو العالم الذى نعيش فيه . فالمعادلة الشهيرة عن « النسبية الخاصة » ، كما يسميها علماء الفيزياء ، وهى $E = mc^2$ وهى تقرر أن الكتلة «ك» ، والطاقة «ط» ، متكافئتان ، ومرتبطتان بالفعل ، ببعضهما البعض بربع سرعة الضوء ، «ع» . ولكن بالنظر اليها من الزاوية الأخرى فهى تخبرنا أيضا بأن الضوء له كتلة . ولذا ، فإن الضوء ، مثله مثل كل نوع آخر من الجسيمات ، لا بد أن يجتذب الى كتلات أخرى بقوة الجاذبية . والأثر الجذبي بالطبع ، بسيط جدا ، ولكنه مع ذلك يمكن ملاحظته فى حالة الأجسام الضخمة كالشمس . فالحسابات المباشرة للكتلات والمسافات تظهر أن الفوتونات لحزمة ضوئية مارقة أمام قرص الشمس وهى فى طريقها الى مشاهد على الأرض لا بد أن تنحرف بزاوية مقدارها ١.٧٥ ثانية دائرية . وقد قدر البروفسور ف. ل . جنزيرج من جامعة جوركى ، هذه الزاوية بأنها تساوى تقريبا تلك المقابلة لعلبة تقاب على بعد ثلاثة أميال . وبالرغم من أن هذه زاوية صغيرة ، فهى

ليست خارج نطاق قوة الأجهزة الفلكية الحديثة . ومنذ أن تكهن اينشتين ، متبعاً منطق تحليله الرياضى بأن الضوء يتكون من فوتونات وأن هذه لها كتلة، تواجدت ثمانية مناسبات أمكن فيها مراجعة هذا التكهن بمقارنة وضع نجم عندما تكون الشمس قريبة منه فى السماء ، وفى نفس الوقت أثناء كسوف كلى ينظمس فيه وهج نور الشمس ، ووضعه عندما تكون الشمس فى مكان آخر . فكانت قياسات الازاحة الزاوية متوسطها ١٩٨ ثانية ، والتي تناسب كثيراً القيمة المتكهنه بخطأ قدره من ١٠ الى ١٥ فى المائة .

وبالرغم من حقيقة أننا نصف الالكترون كجسيم ، وأنه هو الذى يحدث الكهرباء التى اعتدنا عليها فى حياتنا اليومية عند سريانه عبر سلك على هيئة تدفق سريع ، وبالرغم من أن الأغلفة الخارجية للتركيب الخاص بالعناصر الكيماوية تتكون أيضاً من نفس هذه الالكترونات ، فلا بد لنا مع ذلك أن نقدر ، أن الجسيمات الصغيرة جداً للالكترون قد تبدو مختلفة عما اعتدنا تداوله فى أمورنا العملية . وهذا صحيح بالذات عند اعتبارنا لأصغر الجسيمات جميعها ، وهو الفوتون .

ومرة أخرى كان اينشتين هو الذى تصور فكرة أنه كلما ازدادت سرعة الجسيم ازدادت كتلته ، ففى البداية ، عند السرعات المألوفة التى تتعامل معها فى العادة ، يكون هذا الأثر بسيط ، ولكنه سرعان ما يصبح عاملاً رئيسياً كلما ازدادت سرعة الجسيم . وأخيراً عندما تقارب سرعته سرعة الضوء ، تصبح الزيادة فى الكتلة كبيرة لدرجة بحيث أن الجسيم لا يمكنه أن يسير بأسرع من ذلك . وفى الحقيقة ، فإن أحد النتائج الرئيسية لمعادلات اينشتين للحركة هى القاعدة الجديدة بأنه لا يمكن لأحد أن يتحرك بسرعة أكثر من سرعة الضوء . وبالرغم من أن هذا الكسب العلمى الهائل فى علم الفيزيقا العليا قد يبدو فى مظهره نظرياً أكثر مما يثير اهتمام القارئ العادى ، فهو ليس كذلك . فعلى سبيل المثال ، تتخذ الالكترونات التى تصدنا بالصورة فى جهاز تليفزيون منزلى كتلة تزيد بحوالى اثنين الى ثلاثة فى المائة عندما تصدم الشاشة الفلورية للصورة ، وذلك بسبب طاقة الحركة المكتسبة فيها . وفى أنبوبة لأشعة اكس تعمل تحت جهد مقداره ٥٥.٠٠٠ فولت ، تكتسب الالكترونات طاقة تكفى لمضاعفة كتلتها .

وبالنظر الى الأمر من الجهة الأخرى ، فالهوتون ، وهو جسيم الضوء ، صغير لدرجة أنه لا كتلة له الا عندما يكون في حركة .

وهذا يضع الشكل العام لعلاقة الفيزيكا الحديثة بالعلوم الأخرى عامة ، والكيمياء خاصة . وأقسام علم الفيزيكا وهى : الحرارة ، الضوء ، الصوت ، الكهرباء ، المغناطيسية ، ورياضيات قوانين الحركة التى بواسطتها يمكن وصفها - كل هذه تكون متداخلة . فكل منها صورة من صور الطاقة ، كما يمكن أن تتحول أى منها الى الأخرى . فالحركة يمكن تحويلها الى صوت : أدر الريش لصفارة تنبيه سيمكنك سماع الضجة منقولة بواسطة موجات الصوت فى الهواء المتذبذب . والحركة يمكن تحويلها الى حرارة ، حك عود ثقاب ، فتسبب الحرارة انفجار الرأس الى شعلات . والحرارة يمكن تحويلها الى حركة : ألا تعتمد السكك الحديدية فى تسيير القطارات على حرارة الفحم المحترق ؟ ولكن بالمثل أيضا قد يمكن تحويل الحرارة الى كهرباء فى محطة قوى ، وتحويل الكهرباء الى صوت بدق جرس الباب . ثم ، الأقمار الصناعية الحديثة ، التى تستعمل فيها البطاريات الشمسية ، التى يتحول فيها الضوء الى كهرباء . وليس هنا داع للاسترسال . فالنظرة التقليدية للامس كانت مؤداها أن كل أشكال الطاقة التى تدخل فى الفيزيكا ، أمكن تحويل كل منها الى الأخرى .

ولكن مع أن المواد المادية ذات الكتلة ، والتى تعد النطاق لعلم الكيمياء ، قد انفصلت عن الطاقة ، أى عن مجال علم الفيزيكا ، منذ أن أثبت رامفورد أن الحرارة يمكن وضعها فى معدن ماسورة بندقية بواسطة احتكاك آلة ثقب ، فقد جمع بينهما ثانية المفهوم الحديث لطبيعة الذرات الكيماوية . وليس فقط بسبب اشتراكهما فى حيازة الالكترونات .

وكانت القاعدة الأساسية للكيمياء التقليدية أن الذرة الكيماوية - للكربون أو الهيدروجين أو الذهب ، أو ما تشاء - كانت ، حسب التعريف ، ثابتة على الاطلاق . وحقا انه فى عمليات الاتحادات والتفاعل الكيماوية قد يفقد أو يكتسب الكترون أو أكثر من تلك المكونة للأغلفة الخارجية للذرات ، وكان مفهوما أن الوصلات التى ارتبطت بواسطتها الذرات معا فى جزيئات ، قد تكونت من قوى كهرومغناطيسية لهذه الالكترونات . ولكن خلال كل هذه التغيرات ظل تماسك

نواة الذرة محفوظا • والنواة هي التي تعطى كل عنصر ذاتيته • ولألف سنة حاول الكيميائيون القدامى أن يحولوا عنصرا الى آخر ، وقد فشلوا •

ثم وجد بيكوريل في عام ١٨٩٦ أن مركبات اليورانيوم كانت تشع جسيمات ، وفي عام ١٨٩٨ قام بيير وماري كوري بعزل أملاح الراديوم من خامات اليورانيوم • وبطول عام ١٩٠٢ أثبت خلافا لكل المعتقدات الأولية للكيمياء القديمة أن هذه الذرات الثقيلة جدا كانت تتحل وتحول نفسها تدريجيا الى عناصر أخرى • فاليورانيوم بوزن ذرى ٢٣٨ ، والرديوم بوزن ذرى ٢٢٦ ، ينحلان تلقائيا مع اخراج طاقة في نفس الوقت • وقد اكتشف منذ ذلك الوقت أن النشاط الاشعاعى للراديوم سببه فقدان المستمر لجسيمات ألفا • وجسيمات ألفا هذه ، في الواقع ، هي نواة ذرة الهليوم • ويمكن أن يعد جسيم ألفا جزءا أساسيا من النواة مطرودا من ذرة الراديوم الثقيلة • وهو في الواقع أثقل من الالكترون ثمانية آلاف مرة • وكان واضحا حينئذ ، أن تماسك نواة الذرة الكيماوية ، لم يعد حصينا بعد هذا •

ومضت الأمور سريعا منذ عام ١٩٠٢ • فاكشف سودى النظائر - وهي ما تعنى ، وجود عدة ذرات تبدو جميعها ، بالحكم عليها من خواصها الكيماوية ، متكونة من نفس المادة ولكنها مختلفة في الوزن الذرى • وبعد ذلك ، في عام ١٩٢٣ تعرف جيمس شادويك على جسيم ثقيل ، وهو النيوترون ، له نفس كتلة البروتون ذى الشحنة الموجبة ولكنه لا يحمل أى شحنة • وسرعان ما عرف أن ذلك كان جزءا ضروريا من النواة • وبدأت النظائر الآن على أنها ذرات لها ترتيبات متماثلة من الأغلفة الالكترونية وأعداد متساوية من البروتونات ، ولكن لها أعدادا مختلفة من النيوترونات في نواياها • وجسيمات ألفا ، التي قد تعتبر كمظاهر للطاقة المنبعثة بواسطة مادة الذرة الكيماوية للراديوم ، تكون في الواقع ، متكونة من اثنين من البروتونات واثنين من النيوترونات • ويمثل ذلك ، في الواقع ، جسرا آخر جوهريا جدا بين الكيمياء والفيزياء •

ولكن الطاقة المنبعثة بواسطة الذرات الكبيرة المعقدة للعناصر الكيماوية المشعة بطبيعتها - كالراديوم ، والثوريوم ، واليورانيوم - لا تكون فقط من مثل هذه المجموعات الأساسية من الجسيمات كالبروتونات والنيوترونات لجسيمات ألفا • فأشعة بيتا تتكون من الكترونات ، وأشعة جاما تماثل في نوعها

أشعة اكس - وهما أيضا ينبعثان . ويكون ذلك كما لو أن التقييد للأغلفة ، أحدها بداخل الآخر ، لأثقل الذرات هذه ، يحدث اجهادا على درجة من الشدة لا تمكن معه الذرة من التماسك . ومع ذلك ، فقد اكتشف ا . كورى و . ف . جوليوت عام ١٩٢٤ أن هذا التفكك لتماسك ذرة كيميائية قد لا يصيب بالذات هذه العناصر المعقدة الثقيلة بصفة خاصة . فقد وجدنا أنه عندما نداعب بواسطة حزمة من جسيمات ألفا ، بعض العناصر الخفيفة والواقعية في ظاهرها مثل البورون والمغنسيوم ، أو الألومنيوم ، فانها تصبح مشعة ، على الأقل لفترة ما ، بعد توقف اشعاع جسيمات ألفا . فالعنصر العادي ، الذى سبق اعتباره غير قابل للتغير - فى حكم القوانين الكيميائية لبقاء المادة - تحول الى نظير صناعى مشع .

وعندما يقذف جسيم ألفا داخل النواة المغلقة تماما لذرة ، فهو يحدث اضطرابا فى توازن القوى الذى يحفظ الذرة عادة متماسكة . وهذه القوى فى النواة قوية . حقا ، فحتى جيلنا نحن لم يكن تمزيقها ممكنا أبدا . وذلك هو السبب فى أنه خلال تاريخ العلم الكيميائى ظل الذهب دائما ذهباً ، مهما أجرى عليه من عمليات كيميائية ، وظل النتروجين على الدوام نتروجينا . ولكن فى عام ١٩١٩ ، تمكن رودرفورد من قذف النتروجين بجسيمات ألفا وحول النتروجين الى أوكسجين .

والحد بين الكيماويات وهى علم المادة ، وبين الفيزياء وهى علم الطاقة ، قد زال بكامله . فقد اعتدنا على استعمال الطاقة الكيميائية منذ اختراع الآلة البخارية . ولكن هذه قد اشتقت ببساطة من تفاعلات الأغلفة الالكترونية الخارجية التى تحيط تماما بالعنصر . وظلت النواة ، القلب لأى عنصر ، سليمة لم تمس . فالفحم ، المتكون أساسا من الكربون والهيدروجين والأوكسجين ، يتحد بأوكسجين الهواء فى غرفة الاحتراق لقاطرة : فتولد الحرارة ، ولكن العناصر الكيميائية الأصلية تبقى ولو أنها ربت فى صورة كـ ا ، يد ا . واليوم عندما تبعث الذرة المتوترة من الراديوم بجسيم ليضرب نواة عنصر آخر ، تضطرب القوى التى تحفظ تماسك هذا العنصر الآخر ويصبح مشعا أيضا ، كما ذكرنا . ولكنها قد لا تبعث فقط بجسيمات ألفا - أى بروتونات ونيوترونات ، أو جسيمات بيتا وهى الكترونات ، أو بأشعة جاما . فقط يظهر بالمثل بوزيترونات .

وهذه جسيمات لم يعثر عليها من قبل ، وهى التى تماثل الالكترونات ، أى الجسيمات السالبة الكهربية ، عدا أن البوزيترونات تكون جسيمات كهربية موجبة . ولم تصبح المواد الصلبة للكيمياء التقليدية فى ضوء علم الفيزيكا مجموعة من الجسيمات الكهرومغناطيسية فقط ، ولكن هناك الآن جسيمات تظهر كأنها مقلوبة ظهرا على عقب - تسمى بمضادات الجسيمات ، والتى يعد البوزيترون أحدها . فذرة الهيدروجين تتكون من بروتون واحد مع الكترون واحد يدور حوله . وبجانب البوزيترونات (المضادة للالكترونات) ، يمكن التعرف على «مضادات البروتونات» ، وهى بروتونات ذات شحنة سالبة . ولذا فمن المعتقد أنه يمكن وجود اتحاد من «مضاد بروتون» واحد مع بوزيترون واحد يدور حوله . وبعبارة أخرى ، ذرة من «مضاد الهيدروجين» : وهذه ليست مادة ، ولكنها « مضاد المادة » .

ومنذ عام ١٩٣٠ تعود الكيمائيون على البروتونات والنيوترونات الثقيلة الشاملة لنواة العناصر الكيماوية المألوفة التى تكون منها الكون . والالكترونات التى تتماسك بواسطتها المركبات الكيماوية ، وفوتونات الضوء ، التى يكون لها كتلة فقط طالما أنها تتحرك ، قد سلم بها أيضا . ولكن أصبح واضحا حديثا جدا أنه توجد أيضا مجموعة كاملة من جسيمات أخرى . ولم يتسكن الكيمائيون حتى العهد الحالى للفيزيكا من تحليل المتانة التى تلتصق بها البروتونات والنيوترونات معافى نواة الذرة . وأوضح حاليا عالم الفيزيكا اليابانى يوكاوا أن البيونات الدائرة هى التى تربطها ببعض . ولكن هذه الجسيمات ، والبيونات ، تتحل بنفسها الى ميونات ، وهذه تتحول بالتالى الى نيوترينوات ، وهى ما اكتشفه ياولى سابقا فى انحلال النيوترونات . وبجانب تلك ، اكتشفت خلال الخمسينات عدد من الجسيمات المختلفة فى الأشعة الكونية . انها جسيمات لمداوكاى وسيجما وميزونات ك .

وقد أكمل الكيمائي الجدول الدورى للعناصر ، وأمكنه لفترة أن يقتنع بأنه كان يدون الأنواع المختلفة للذرات التى لا يمكن تجزئتها على الإطلاق . ولكن ، حالما اقتربت قائمته من الاكتمال ، بدأ علماء الفيزيكا الحاليون فى اثبات أن هذه ليست هى الجسيمات القصوى للمادة أبدا . فالجدول الحديث للجسيمات الذى يحل محل الجدول الدورى للعناصر قد يبدو كما يلى :

الجسيمات الأولية (١٩٥٧)

جسيمات ثقيلة	جسيمات متوسطة	جسيمات خفيفة	جسيمات لا وزن لها
بروتون مضاد البروتون نيوترون مضاد النيوترون لدا كاي سجما مضاد السجما سجما - متعادل	يون مضاد اليون يون - متعادل ميزون ك مضاد — ميزون ك ميزون - ك متعادل	الكرون بوزيترون ميون مضاد الميون	فوتون نيوترينو مضاد النيوترينو

ولكن في الوقت الذي بدأت فيه هذه الصورة المنظمة ظاهريا للطبيعة الفيزيائية للمادة تتلاءم مع بعضها ، فقد تغيرت فجأة تقريبا مرة أخرى . ففي مناقشة هيزنبرج لمفهوم علماء الفيزيكا الحديث للطبيعة ، يشير الى صفة الفناء لبعض هذه الجسيمات . فقد أشرنا فعلا من قبل الى الفوتون ، الذي يتخذ كتلة عندما يتحرك فقط . وفي الميزونات نوع يبلغ عمره حوالي جزء من مليون من الثانية ، وآخر يعيش لفترة حوالي جزء من مائة من هذا الوقت فقط ، بينما يستمر نوع ثالث ، وهو ما ليس له شحنة كهربائية ، لمدة حوالي جزء من مائة بليون جزء من الثانية فقط . وبخلاف هذا ، على أي حال ، أصبح من الواضح حديثا أن هذه الجسيمات الأولية يمكنها أن تتغير احداها الى الأخرى في أثناء تصادمها ، مع حدوث تغيرات هائلة في الطاقة . وعندما يصطدم جسيमान من هذه ، وتطلق الكمية الهائلة من الطاقة أو تمتص ، تخلق جسيمات أولية جديدة ، بشحنتها الخاصة من الطاقة ، وتغير الجسيمات الأصلية ، بطاقاتها ، الى مادة جديدة .

والعناصر الاثنا والتسعون المختلفة ، ومعها المواد المنتجة صناعيا بأوزان ذرية أكبر من اليورانيوم ، أصبحت عبارة عن تبادل بين الجسيمات التى تعدو العشرين بقليل والمدرجة فى القائمة السابقة . ولكن هذه الكيمياء الفيزيكية الجديدة لم تبق ثابتة فى حد ذاتها . ففى كلمات هيزنبرج « ان أحسن ما توصف به هذه الحالة من الأمور أن هـول ان كل الجسيمات ليست فى الأساس الا حالات سكون مختلفة لنفس المادة الواحدة . ومن ثم ، فحتى أحجار البناء الأساسية الثلاثة قد اختصرت الى حجر واحد . فهناك نوع واحد فقط من المادة ، ولكنها يمكن أن تتواجد فى حالات سكون مختلفة قائمة بذاتها . وبعض هذه الحالات — أى ، البروتونات والنيوترونات والألكترونات — تكون ثابتة بينما كثير غيرها ليست كذلك » . فاذا كانت الطبيعة تتداخل من ناحية مع ما هو فى الواقع ، مواد صلبة للكيمياء وكيموياتها ، الا أنها تقودنا فى الناحية الأخرى الى مفهوم للكون على أنه متكون من طاقة وحدوية .

ولابد لنا أن هـبل رأين آخرين جديدين تماما للفيزيكا الحديثة : هما التشكك وزوال الماثلة . وقد وافقنا من قبل على أن الفيزيكا قد بددت خط التقسيم الذى يفصل الكيمياء عنها . وقد أنشأ الآن التطور الجديد لقاعدة التشكك التى دفع أساسها هيزنبرج ، طريقة مختلفة تماما للتفكير عن العلم بأجمعه .

وتقرر هذه القاعدة الجديدة للفيزيكا أن ما يحدث على المستوى الذرى — أى المستوى الذى تعمل عنده أجهزتنا التليفزيونية ، ومحطات القوى النووية والقنبلة الهيدروجينية كذلك — لا يمكن مشاهدته على وجه التحقيق . والسبب هو أن الجسيمات التى تتكون منها المادة تكون صغيرة جدا . وهناك قول باللاتينية معناه أن القانون لا يستطيع أن يهتم بالأشياء التافهة . فانت قد تتهم بالسرقة عن طريق الحيازة اذا احتفظت بورقة بنكنوت من فئة الألف جنيه تسقط فى حديقتك ، بالرغم من أن العثور على قرش فى الطريق يعد صيدا عادلا . ولكن ، يجب على عالم الفيزيكا الحالى أن يتعامل مع الأشياء على مستوى ذرى — أى ، مع القروش والملاليم ، والى أصغر من ذلك أيضا . وعلى سبيل المثال ، فهو يحتاج لأن يكون قادرا على استعمال قذائف الإلكترونات فى مجهره الألكترونى ، والأشعة انضوئية التى تعمل بها بطاريات أقماره الصناعية .

فالالكترونات والفوتونات صغيرة جدا ، وعندما نحاول ملاحظة سلوكها الشخصى ، نكتشف أنه ليست هناك ثمة طريقة لعمل ذلك بدون اثارها . ففى العالم المادى ذى النطاق المتسع الذى نعيش فيه يمكننا أن تتبع المسار لكرة تنس الطاولة بدون التأثير عليه مطلقا . فالضوء يذل ضغطا معنا ، وعلى وجه الدقة ، عندما تقع الفوتونات المنطلقة على الكرة ، ولكن ليست هناك حاجة لمحاولة لعب تنس الطاولة فى الظلام ، لأن ضغط الضوء أقل من أن يحدث أى فرق . ولكن الوضع يختلف تماما بالنسبة لعالم الفيزيكا النظرى الذى يضطر الى معرفة مسار الكترون .

ومنذ ثلاثمائة عام تمكن نيوتن من تنظيم للهرج الذى كان يسود مفهومنا لطبيعة الكون بافترضه وجود الغاز «الكامل» ، أو ما يقوم مقامه وهو السائل المثالى أو « النيوتونى » كما نسميه الآن . وهذا السائل أو الغاز غير موجودين فى واقع الأمر ولكن بالتفكير فى الكيفية التى يمكن أن يكون عليها سلوكهما ان وجدا ، توصل نيوتن الى بعض استنتاجات مفيدة جدا . وبالمثل ، فى عالمنا المختلف تماما للفيزيكا الذرية ، اختير هيزنبرج الوضع بواسطة « تجربة فكرية » . فقد جهز نفسه وفقا لتفكيره بيندقية خيالية يمكنها اطلاق الكترون واحد داخل صندوق فارغ تماما . وحين تخيل صندوقا فارغا ، تخيل واحدا خاليا تماما من أى ذرات للغازات الجوية أو أى شئ آخر . وقد ألحق بالصندوق الخيالى ، على أى حال ، مجهرا خياليا مفروض أن يكون قادرا على التقاط مسار الألكترون المفرد .

وتبعا لقوانين الميكانيكا الكلاسيكية ، لا بد للالكترون أن يتخذ مسارا بشكل القطع المكافئ ، تماما كالذى تتخذه قنبلة مطلقة فى فراغ . ولسوء الحظ ، على أى حال ، أنه عندما نشرع فى ملاحظة الالكترون ، سوف تضرب فوتونات الضوء التى نحتاجها لكى نعرف أين يذهب ، وتسبب له فى أن يرتد ، وأن يغير من سرعته . والحقيقة المجردة هى أنه بعمل ملاحظات علمية على مساره ، تفسد نحن هذا المسار ، ونجمله يتعرج .

والآن ، كلما ارتفع تردد ذبذبة الضوء ، كبرت الطاقة التى يمتلكها كل فوتون . فنستطيع لذلك ، أن نقلل من تداخل الفوتونات التى نلاحظ بواسطتها مسار الالكترون الذى ندرسه اذا استعملنا ضوءا ذا تردد منخفض . ولكن

حيث ، عندما يزداد طول موجة الضوء الذى نستخدمه فى مجهرنا الخيالى ، وبالرغم من أن ذلك يقلل من قلقة الالكترون ، يقل امكان رؤيته جيدا وتحديد موضعه . و قد تأمل هايزنبرج رياضيا التشكك المركب لوضع جسيم وسرعته فى أى وقت ، وبين أنه لا يمكننا أبدا تحديد مساره كخط متعرج بل فقط كشرط مستعرض . والصفة المميزة الهامة فى فكرة « التشكك » هذه ، أنها تقدم التفسير عن سبب امكان أن ما نعرفه كجسيم يبدو أيضا فى سلوكه كموجة .

والرأى الثانى الجديد عن طبيعة الكون هو « زوال الماثلة » . وهو أيضا ، مثل قاعدة « التشكك » لها يزبرج يبين لنا أن هناك حدودا للفهم لم نفكر أبدا حتى الآن فى تخطيها . وقبل ابتداء هايزنبرج لقاعدة « التشكك » ، كان يبدو أن ما يخالف الادراك العام ، أن يستطيع الضوء أن يسلك تحت مجموعة ما من الظروف كما لو كان تيارا من الجسيمات ، وتحت مجموعة ظروف أخرى كما لو كان موجة . وهناك حاليا ، اثبات رياضى جيد على أن الضوء دائما ، فى الواقع ، يكون من نفس المادة ، وأنه يتصرف فى الحقيقة ، تبع للمنطق والادراك العام . وهذه المعرفة تمكنا من التحكم فى جميع أنواع الظواهر الذرية التى نريد استخدامها فى التليفزيون والرادار والقوى النووية . وبالمثل ، فقد كان مفروضا دائما حتى عام ١٩٥٦ كنوع من الادراك العام للعالم الذى نعيش فيه ، أن كل شئ قاصر على أن يكون له صورة ماثلة . فقفاز اليد اليمنى هو الصورة الماثلة لقفاز اليد اليسرى ، وفى العالم المدرك بالنسبة للقفازات ، يكون قفاز اليد اليمنى المشاهد فى مرآة دائما قفازا ليد يسرى . وقد أيدت كل الخبرة حتى عام ١٩٥٦ فكرة أنه ليس هناك شئ يستحيل معه أن نفترض أن كل شئ يمضى فى اتجاه واحد ، اذا أردنا ، أن نجعله يمضى فى الاتجاه الآخر بالمثل . فقارب الساعة تمضى فى اتجاه عقرب الساعة ، ولكن لن تكون هناك أى مشكلة فى أن نصنع ساعة تلف فى عكس اتجاه عقرب الساعة . وفى الواقع ، فصورة العالم المنعكسة مرتبة ومنطقية تماما كالعالم الذى نعيش فيه . وجميع ما نعرفه ، فى الحقيقة ، هو صورة العالم المنعكسة . واعتبر الجانب الآخر ، بأننا لو أمسكنا مرآة فان كل شئ ، بدون استثناء - القفازات ، الساعات ، البوصلات ، البطاريات الكهربائية ، والنظام الشامل الذى نعيش فيه - ينعكس ، وتنقلب جميع الظواهر التى نعرفها رأسا

على عقب • تلك هي « بقاء الماثلة » • وأنت قد تقول ، انها جزء من الادراك العام ، أليس كذلك ؟ ..

ولكن التصور الجديد للفيزيكا أثبت حاليا أنه ليس كل شيء حقا يمكن أن ينقلب في مرآة • ففي الواقع ، وتحت ظروف معينة ، لا تبقى الماثلة • وحدود الفهم التي اخترقتها • د • لى ، ك • ن • يانج أظهرت لنا أن العالم أحيانا يكون « لوليا » •

وهذان الفيزيقيان الشابان ، ويعمل كلاهما في أمريكا ، أحدهما في جامعة كولومبيا ، والآخر في معهد للدراسات المتقدمة في برنستون ، بدأ يفكران جديا في حالة شذوذ مبهم ، وفنية للغاية ، ولم يسبق تفسيرها من قبل • فهناك نوع من الجسيم ذو حجم متوسط ، أصغر من البروتون لكنه أكبر من الإلكترون ، يدعى الميزون • وقد وضعت في الجدول السابق • وحاليا ، يكون ذلك ادراك عام (أو على الأقل كان كذلك حتى عام ١٩٥٦) أن نفترض أن نفس النوع من الشيء في هذا العالم يكون دائما متاثلا • فمثلا ، تحتوى كرة مملوءة بالهيدروجين على ملايين الجزئيات تتكون كل منها من ذرات الهيدروجين ، والتي تتركب كل منها من بروتون واحد مع إلكترون واحد يدور حوله • وكل من هذه الذرات الملايين تكون متاثلة • وقد فكر في الأمر مليا الفيلسوف جوتفريدفون لايبنتز ، بالطريقة التي يتبعها الفلاسفة ، ليقدم ما أسماه « قاعدة عظيمة » ، والتي وضعت هذا النوع من الافتراض ذى المفهوم العام في صورة تقليدية • فيقول افتراضه « ان حالتين غير متميزتين عن بعضهما بعضا نفس الحالة » • أما لى ويانج ، لما لهما من ادراك عام مثل ما لرجل الغد ، بجانب التفوق في مقدار لا بأس به من الفطنة ، فقد بدلا فكرهما للحقيقة المثيرة ، بأنه على الرغم من أن في جميع الحالات باستثناء واحدة ، تكون الميزونات متاثلة عندما يجرى التعرف عليها تحت مجموعتين خاصتين من الظروف • فقد كانت هناك هذه الحالة الواحدة التي اختلفت فيها الميزونات • وكان الذى يحير أن ما يسمى بالتاو ميزون يتحلل بمرور الوقت الى ثلاثة من الباي ميزون ، بينما يتحول اليتا ميزون الى اثنين فقط من الباي ميزون • فاذا كانا متماثلين في البداية ، لا يمكن لهما أن يختلفا في النهاية ما لم يكن هناك شيء لا مثيل له أبدا يحدث في هذا الكون •

وعندما كانت الكيمياء لا تزال كيمياء وقبل أن تصبح مختلطة بالطبيعة كما هي الآن ، كان مقبولا كأحد القواعد الأساسية في العلم ألا يوجد استثناءات في قانون بقاء المادة . أى أنه بالرغم من تغير الأشياء أثناء التفاعل الكيميائى ، فلم يحدث أبدا أن أفنى فعلا أحد العناصر المكونة ، وعندما أوضح اينشتاين أن الكتلة يمكن تحويلها الى طاقة مع فناء مقابل للمادة ، كما نراه يحدث حاليا في الانفجارات الذرية ، وجب الغاء قانون بقاء المادة . ولكن بدلا منه يمكن تقديم قانون بقاء الطاقة . فقد أعاد القانون دينا العلم المنطقي الى نفس المكان المريح المفهوم التى كانت فيه من قبل . ومع ذلك ، فقد تصور لى ويانج فكرة أن الشذوذ الغريب فى التاو والثيتاميزونات قد يكون مثالا لمجموعة عامة من الحقائق التى أثبتت أنه تحت بعض الظروف قد لا تبقى الطاقة ، وقد لا يتوازن كل فعل مع رد فعل مساو ومضاد ، أى ، فى الواقع قد تزول المائلة .

ويسمى علماء الفيزيكا النووية المجموعة العامة للظواهر التى تعد التاو والثيتاميزونات مثالا لها « بالتفاعلات الضعيفة » . ومثال آخر للتفاعلات الضعيفة هو تفريغ جسيمات بيتا (أى ، الالكترونات) بواسطة نظائر صناعية مشعة . والكوبالت ٦٠ المشع مادة ملائمة للتعامل معها ، لأن نصف عمره ٣٠ سنة . ومن المعروف أن نواة الكوبالت ٦٠ لها حركة درور . والآن ، فى عالم عادى متوازن ومتماثل حيث يسير الكترون ذرة الهيدروجين فى مداره حول بروتون النواة ، يكون واضحا أنه لا يهم سواء نظرت الى واحدة من ملايين الذرات المتماثلة من الهيدروجين مباشرة ووجها لوجه ، أم فى مرآة . ومع ذلك ، فقد رأى لى ويانج أنك اذا أخذت على عاتقك تصنيف مجموعة من نويات الكوبالت المشع بحيث تلف كلها حول محور راسى مثلا ، فستجد أن الاشعاع بيتا لا ينطلق منها فى اتجاهات متساوية ومتضادة كما يشير بذلك المنطق والادراك العام — وحتى قوانين نيوتن أيضا . وقد قدم لى ويانج هذا الرأى استنادا الى القياس بما يسمى « لفز التاوثيتا » .

وكانت مناقشتها مقنعة لدرجة أنها حثت مجموعة من علماء الفيزيكا فى جامعة كولومبيا بنيويورك وفى المكتب القومى للمعايرة على تنظيم تجربة ليروا ما اذا كانت الفكرة صحيحة أم لا . وكانت التجربة ماثرة فى التنظيم وشاقة

تماما • فكان المطلوب آلة كبيرة ، (السيكلوترون الخاص بجامعة كولومبيا) ، تولد القوى اللازمة للحصول على نويات الكوبالت مصطفة تماما ، كما احتاج الأمر بالمثل الى آلة تسجيل معقدة • وفي ديسمبر عام ١٩٥٦ ، بعد ستة أشهر من الاعداد ، نفذت التجربة • وبالنظر والتمعن ، كان لى ويانج على حق • فاذا تخيلت نواة الكوبالت ٦٠ كفة تلف ، فهي تطرد الكترونات لأعلى ، بينما تطرد لأسفل مضادات - نيوتريونات وهي مختلفة تماما وأصغر بكثير • وفي الواقع تكون نواة الكوبالت غير متماثلة الأجزاء ، ولا يمكن أن تكون غير متميزة عند النظر اليها في مرآة • والكون ، مثلاً على الأقل في طبقة التفاعلات الضعيفة ، يبدو كما لو كانت له سن لولبي في اتجاه واحد ، وبذلك ، غير قابل للعكس •

وقد استرسلت بعض الشيء في هذا الأمر الخاص بزوال المماثلة ، لا لأن فكرة عدم التوازن بين النويات للمشعة يمكن استخدامها في أى غرض عملي ، كسيير القطارات أو اضاءة منازلنا ، (اذ تستعمل أنواع أخرى من التفاعل أكثر « منطقية » لهذه الأعمال) • ولكن السبب في امتداد تأملنا للمعرفة الانسانية بشيء من التفصيل أنها علمتنا مرة أخرى ، تماما كما علمنا من قبل جاليليو ونيوتن وباستير وداروين واينشتاين ، أنه حتى قواعد العلم الأساسية الكبيرة قد تحتاج الى اعادة فحصها دوريا •

ومبادئ العلم الرئيسية - للفيزيكا والكيمياء ، وهما أساسا شيء واحد ، كما رأينا - يمكن الاعتماد عليها في المجالات المتسعة التي تطبق فيها • فلا تزال قوانين نيوتن للحركة تستخدم في مسائل الكور المتحركة والفاكهة الساقطة ، والتي توضع منها مسائل امتحانات المدارس • ولكن عند مستوى أعلى من التبصر ، تأتى ارغاما تعديلات اينشتين لقوانين نيوتن • وتكون صحتها أيضا غير معترض عليها في عهدنا النووي الحاضر • وبالمثل ، بينما لا يزال قانون بقاء الطاقة يسرى بالنسبة للأشياء على نطاق واسع ، فقد ثبت حاليا أن نفس القاعدة الأساسية لا يستمر سريانها في دنا التفاعلات الضعيفة • وقد بدأ علماء الفيزيكا النظريون الآن فقط في تأمل ما يتضمنه هذا الاكتشاف الجديد تماما • فعلى سبيل المثال ، فإن من ضمن أضعف التفاعلات جميعها ، تلك المحتوية على قوة الجاذبية • والاحتمال بأن هذه الأفكار الجديدة قد تقود يوما ما الى طريق

حول قانون الجاذبية ، نشأ على الأقل بطريقة تجريبية - مثلاً ، بواسطة البروفسور موريسون من كورنيل •

وافترضنا الآن أن عالمنا هذا هو في أساسه عالم متماثل ، إذا تحركت فيه أرجوحة أطفال بدون احتكاك لأسفل ، فانها تعود وتحرك بنفس القيمة لأعلى ، أو عالم يتساوى فيه دائماً سقوط نصف قرش كامل على أى من وجهيه - وحيث أن « لى ويانج » أوضحنا لنا حالياً ان هذا الافتراض لا يمكن الأخذ به قضية مسلمة ، فإن أنواعاً أخرى من عدم التماثل قد تستحق الفحص • فلماذا ، مثلاً ، نفترض أن العالم يتكون معظمه من مادة ونستثنى منه مضادات المادة •

وعلم الفيزيكا يدخل في صميم كل ما نفهمه عن أصل الكون الذى نعيش فيه ، فالمواد المادية المحيطة بنا - الاثنا والتسعون عنصراً طبعياً لهذا الكوكب بالإضافة الى حوالى عشرة صناعات نجحنا الى حد كبير فى صنعها لأنفسنا - تتكون من الجسيمات الموضوعة بالجدول السابق ، وربما من قليل غيرها لم يتعرف عليها بعد • ولكن يبدو أن هذه كلها قد تكون فى حد ذاتها مجرد مظاهر للطاقة على هيئة صور مؤقتة ومختلفة • وقد اعتدنا أن نرى أحياناً أن المنزل الباهظ التكاليف الذى نغادره فى الصباح ، ملوئاً بالأثاث والرياش القديمة والحديثة - مثل كتبنا وصورنا وأعمدة البهو البلوطية المنقوشة - قد يتحول الى كومة من الرماد وسحابة من الدخان عندما نعود الى مساء وقد يبدو هذا التحول بالنسبة لبربرى أو لرجل من المريخ أنه معجزة • وبالنسبة لنا ، على أى حال ، وبالرغم من أنه قد يكون من سوء الحظ ، فهو مجرد مثال للكيمياء : فالاحتراق شئ نفهمه جيداً •

ونحن نفهم الآن كذلك كيف أن كتلة من اليورانيوم - ٢٣٨ ، وهى صلبة كالصخر وأثقل من الرصاص يمكن أن تتحول الى شئ آخر • فيمكننا أن نجعلها تحترق ببطء فى قاعة مقفلة ، أو نحولها الى شعلة فوق نجازاكي • والاحتراق مجرد تفاعل يؤثر على أغلفة الالكترونات الخارجية لذرات المادة ، بينما تؤثر التفاعلات النووية على النواة الداخلية المترابطة بأحكام فائق • وحتى الوقت الحاضر ، وجدنا فى الكربون (على هيئة فحم أو بتروى وفى بعض الأحيان خشب) ذرة ملائمة للحصول منها بواسطة التفاعل الكيماوى على الطاقة

اللازمة لراحتنا وتصنيعها • ونستعمل اليورانيوم حاليا كمادة مناسبة بالمثل
لإعطاء طاقة وذلك باستخدام المعرفة العلمية المتقدمة • وفي هذه المرة ، على
أى حال يكون التفاعل ، بحسب تسميته ، فيزيقيا • والفرض واحد : وهو
تسيير القطارات وتزويد الشبكة بالقوة •

وقد جاء نيوتن بالنظام من خلال الفوضى في القرن السابع عشر ، ولكن النظام
القديم يتغير كلما ازدادت المعرفة • فاذا جاز لى أن أعيد قول الشاعر الكسندر
بوب مرة أخرى :

لقد اختفت الطبيعة وقوانين الطبيعة في ظلام الليل ، فقال الله كن يانيوتن
فكان وعم النور كل شيء •

وأتبع ذلك بكلمات الشاعر ج • س • سكواير :

لم يدم الأمر : اذ عوى الشيطان « ها ! » •

وقال الله « ليكن اينشتين فكان ! » ليعيد الحالة لأصلها •

وليس اينشتين فقط ، بل هيزنبرج بالمثل ، ولى ويانج ، ومبدأ زوال
المماثلة •

وقد تقف جبهة الفيزيكا وجبهة الكيمياء في جانب واحد ، ولكنهما يتأخمان
أيضاً جبهة الفلسفة • فقد حاول الكيماويون القدامى لألغى سنة أو أكثر أن يغيروا نوعا
من المواد الصلبة الى آخر • أما الآن وقد تعلمنا كيف تفعل ذلك ، فالذهب
الذى نمسكه في يدنا لا يوجد على الإطلاق • فقد تحول كما لو كان في قصص
خيالية الى أوراق يابسة بحلول الصباح • أما ما بقى معنا فهو ذلك الشيء
غير الملموس والأكثر صلابة في نفس الوقت وهو الطاقة •

الفصل الرابع

هل علم البيولوجيا كيمياء ؟

كانت آراء الانسان النابة عن علم الأحياء أو البيولوجيا قبل عام ١٨٥٩ مشتقة في جوهرها من كتاب سفر التكوين . فكل الأشياء الحية هي مادة علم البيولوجيا ، وحتى عام ١٨٥٩ ، منذ أقل من مائة عام بقليل كان مسلما بأن علم البيولوجيا منفصل تماما عن الكيمياء ، وكانت الحياة مسألة خلق ذاتي ، ليس فقط في مناسبة واحدة كما ذكر في الفصل الأول ، من كتاب سفر التكوين ، بل في أى وقت ، فالضفادع وثعابين المياه تولدت من الطين ، والديدان الصغيرة من اللحم الفاسد ، والجرذان من النفاية . وقد سلم الناس العقلاء بهذه النظرية لأجيال . والناس أمثال ، نيوتن ، وليام هارفى ، ديكارت وفان هلمونت ، لم يبحثوا الموضوع أبدا بجدية . وكان مسلما بدون شك أيضا بأن المواد العضوية المشتقة من الأشياء الحية تختلف في النوع عن تلك المواد التى يبحثها الكيمائيون . « ف قوة الحياة » فقط هي التى يمكنها إنتاج مثل هذه المادة .

ونظرتنا اليوم مختلفة تماما ، ففي عام ١٨٢٨ حين تتبع فولر ولييج التركيب المعملى للبولينا ، ويرثلو . الذى صنع فى عام ١٨٥٦ حامض الفورميك والاثيلين ، ومن الأخير ، صنع الكحول - الذى كان يعد من قبل منتجا بيولوجيا بحتا - أوضحوا أن المواد العضوية مادة مناسبة للدراسة الكيميائية تماما كالمواد غير العضوية . وقد قامت نظرية النشوء - أى نمو الأشكال البيولوجية الأكثر تعقيدا من أخرى بسيطة - على دنيا الآراء فى عام ١٨٥٩ بنشر مؤلف « أصل الأنواع » لداروين . وقد كان فى نفس هذه الفترة من

منتصف القرن التاسع عشر أن نشر باستير الجزء الأول من مؤلفه الذى كان يؤدى الى الغاء نظرية التوالد الذاتى .

وبذلك فأتى الى الكيمياء الحيوية - وهى تطبيق المبادئ الكيميائية على المسائل البيولوجية ، وانى لأحسب أن علماء الكيمياء الحيوية مروا خلال تطور فرعهم من العلم بثلاثة مراحل متميزة ، بالرغم من وجود قدر لا بأس به من التداخل بينها . فالمرحلة الأولى من الكيمياء الحيوية ، قديمة قدم الكيمياء العضوية نفسها ، وتعطى البحث عن الأصل الكيميائى للمواد التى تتكون منها الكائنات الحية . فقد أمكن فصل كل من البولينا وحامض الطرطريك وحامض الأوكساليك والحامض البولى وحامض اللاكتيك والجولوكوز على هيئة مركبات خالصة قبل عام ١٨٠٠ ، وخلال عام ١٨٢٦ حصل شفرويل على تكوين الدهون على هيئة مركبات للأحماض الدهنية والجليسرول . وبين عامى ١٨٨٤ ، ١٩٠٠ قام اميل فيشر بتوضيح لكيمياء ايدرات الكربون بدرجة ملحوظة ، أما الأحماض الأمينية ، وهى مركبات البروتين ، فقد عرفت بالنسبة للكيمياء العضوية منذ عام ١٨١٠ ، كما تم التعرف على خمسة عشر أخرى خلال عام ١٩٠١ حين اكتشف هوبكنز وكول التراى بتوفين ، بالرغم من أن تركيب وتشكيل جزئى البروتين كان فى حالة مبهمه للغاية وقد أحدث هوبكنز ضجة كبيرة فى عام ١٩٢١ عندما تمكن من فصل مادة هامة وغريبة ، الجلوتاثيون من الخبيزة والعضلة والكبد . وفى عام ١٩٢٦ تمكن عالما الكيمياء الحيوية الهولنديان جانس ودوثات من فصل فيتامين ب فى صورة بلورية ، بالرغم من أن وجوده قد استنتج لأول مرة طبيب من هولندا يدعى ايجكمان عام ١٨٩٧ ، كان يدرس مرض البرى يرى فى جاوا .

وعندما بدأت أنا فى الكيمياء الحيوية فى أوائل الثلاثينيات كنت أعتبر أن هذه المرحلة الوصفية الأولى المبنية على التحليل الكيميائى كانت لا تزال تقدم . والكتاب الدراسى الذى نشأت عليه كان « مقدمة بودانسكى للكيمياء الفسيولوجية » . وكان قد دخل فى ذلك الوقت فى طبعته الثالثة ، كما أعيد طبعه اثنى عشر مرة منذ أول ظهوره عام ١٩٢٧ ، فكتب المؤلف « لا بد أن يتزود دارس الكيمياء الحيوية بمعرفة ذات مبادئ كيميائية رئيسية ، كما يجب أن يتعلم كيف يستخدم هذه المبادئ فى دراسة العمليات الفسيولوجية . كما

ولكن بالرغم من أن الأصل الكيميائي للمؤثرات البيولوجية قد تم تحديده بوضوح متزايد لماة وخمسين عاما ، فلم تفهم بالتفصيل التركيبات الآلية الكيميائية التي تحصل بواسطتها الخلايا الحية على طاقتها الا منذ عشرين عاما أو ما نحو ذلك فقط .

فمنها كان ما تقوم به خلية حية ، فلا بد أن يدفع لها في المقابل بعمله الطاقة الكيميائية . فإذا لم تكن هناك طاقة طليقة ممكن الحصول عليها ، فلن تكون هناك حياة . وعقيدة ما قبل عصر العلم الحديث عن « قوة الحياة » أصبحت لا بد وأن تُلغى . فنحن نفهم الآن ، أن الخلية تعرف طريقتين للحصول على الطاقة من جزيئات موادها الغذائية : فهي إما أن تفتتها أو تحرقها . والطريقة الأولى هي التخمر والثانية هي التنفس (أى الأكسدة) . وبحلول عام ١٩٣٧ استطاع زنت جيورجى أن يبين أن سلسلة من الدراسات العلمية البارعة من الطراز الأول — بواسطة واربرج وكيلين وفيلاند ، وبالتالي بواسطته هو نفسه وعدد من الآخرين — قد أتمت تفسير معظم التركيب الآلى الكيميائى الذى يتم بواسطته تفاعل جاي لوساك للتخمر الذى يبدو بسيطا . كما أمكنه أيضا أن يظهر العلاقة الكيميائية الحيوية بين الانجاز البيولوجى الأقل لخلايا التخمر — أى الجلوكوز المتحلل بدون أوكسجين طليق — وبين الانجاز الأعلى للتنفس .



وخلال عشر سنوات من هذا التفسير الأول عن أصل التركيب الآلى لانطلاق الطاقة البيولوجية تم معرفة معظم التفاصيل الكيميائية ، تسكن مايهوف في عام ١٩٤٨ من تلخيص سلسلة من التفاعلات الكيميائية لما يعرف الآن بخطة اميدن - مايهوف - وبارناس للتخمر . وهى سلسلة من اثني عشر تفاعل كيمائى متصل أو حوالى ذلك . وفى الحقيقة ، فافها الطريقة التى تحصل بها الخلايا على طاقة ، فى أحد أبسط المستويات البيولوجية . وتحققت القفزة التالية الى الأمام فى المرحلة الحاضرة من الكيمياء الحيوية الديناميكية بواسطة البروفسور السير هانز كريس وهو الاسم المعروف به الآن ، واثبتت تقريبا فى نفس التاريخ . وهذا النظام المسمى بدورة كريس يصبح فعلا (بالنسبة للخلايا

التي تتبع العملية اللازمة) ، عندما يزداد توتر الأوكسجين في النظام . فالهواء
لذى تنفسه يمكن الوقود في طعامنا من الاحتراق . وواضح أن الاحتراق
لخام المصحوب بلهب ودخان سيكون استحالة بيولوجية . ودورة كربس
عبارة عن سلسلة متكررة من التغيرات الكيميائية التي تسبب الطبيعة حدوثها
بالتدرج ، احتراق مستمر للطاقة عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا للكائن
الحى .

ويتم في دورة كربس شيان هامان ، أولا ، كل نقطة يتكون عندها ثاني
أكسيد الكربون بالتأكسد ، تنطلق عندها طاقة . ولكن ، ربما بنفس الدرجة من
أهمية ، يقوم النظام أيضا مقام حلقة اتصال بين العملية الذى تحصل بواسطتها
الخلية على الطاقة وبين الطريق الى النمو . وعند هذه المرحلة من الدورة ،
حيث يقوم بالعمل مركب خاص مثل حامض الكيتوجلوتاريك ، يمكنه أن يكون
بمثابة دليل لحامض الأمينو وحامض جلوتاميك ، أما حامض الأوكسالو أستيك
فهو قد ينتج ، حامض أميني آخر ، وحامض اسبارتيك ، كما ينتج حامض
البيروفيك ثالثا والألانين . والأحماض الامينية هي الوحدات التركيبية التي
تبنى منها الأنسجة الحية ، وهي تكون باتحادها ببعضها بعضا البروتين الذى
تتكون منه الأنسجة العضلية والهيكل الأساسى للخلايا الحية . وانها لملاحظة عامة،
كان باستير أول من قررهما ، والذى كان بالطبع غافلا عن حقيقة العملية ، اننا
لا نحصل فقط على كفاءة متزايدة من انتاج الطاقة من الكربوايدرات المتأيضة
في حالة ازدياد توتر الأوكسجين لنظام متخمر ، بل أيضا على تركيب للبروتين
مصحوب بالنمو .

وأحدث مراحل التقدم وأكثرها اثارة في بعض النواحي بالنسبة للفهم
الكيميائى التي حدثت خلال هذه المرحلة الديناميكية الحاضرة للكيمياء
الحيوية ، كانت تفسير « دورة الهكسوز - مونوفوسفات » . وتلك عملية
أخرى يمكن عن طريقها الحصول على الطاقة البيولوجية . وقد بدأ عدد كبير
من الشواهد التجريبية يتضح تماما باستعمال التكنيك الحديث للكيمياء
التحليلية ، وعلى الأخص أوراق التلوين والجزئات الموسومة اشعاعيا (١) .

ودورة العمليات التي تحقق وجودها حاليا دورة معقدة بالرغم من أن كل خطوة مفردة من مركب للتالى له ، والتي ينشأ كل منها بواسطة الانزيم المناسب، تعد بسيطة ومنطقية . ولكننا نعرف الآن أن عددا من المواد التي لم يكن يتطرق الشك اليها سابقا تلعب دورا في عملية تكوين الجليكول المؤكسد . وهذه المواد ، الريبولوز - ٥ - فوسفات والسيدوهبتولوز ، وما اليها ، والانزيمات التي تجعل فعلها وتفاعلها ممكنا ، يبدو أنها لا توجد فقط في خلايا حية كالتي لدينا ، والتي تحلل الجلوكوز للحصول على الطاقة ، بل أيضا في الوحدات البيولوجية التي نعتمد عليها أساسا نحن وجميع ما يسمى بالأحياء العليا . وأنفه بخلايا الأوراق النباتية التي يتكون فيها الجلوكوز بواسطة التمثيل الضوئي . أيعد من العجب أن يستعمل الطلاب حاليا كتابا مدرسيا كان جديدا منذ عهدي أنا - أعني ، كتاب بالدوين للمظاهر الحركية للكيمياء الحيوية ؟

ويتغفل الكيماويون حاليا بعمق أكثر في الأحياء . فقد أعطوا تفسيرا كيميائيا لكيفية حصول الكائنات الحية على الطاقة من أجل الحياة . وقد يبدو هذا التفسير معقدا ، ولكن له استخدامات مباشرة تلمنا . فعلى سبيل المثال ، المادة الرئيسية في هذه الدورات التي كنا نسميها هي ثالث أدينوسين الفوسفات ، ث . أ . ف . على سبيل الاختصار . وقد أوضح مايرهوف أن تكوين كل من وصلات الفوسفات - أوكسجين الثلاثة يتطلب ١١ر٠٠٠ سعر من طاقة طليقة . وعندما تتحطم الوصلات ، كما يحدث عندما تعمل الدورات ، تنطلق الطاقة . وانشطارها هو مصدر كل طاقة عضلية . والتقلص العضلي ، الذي يتم بواسطته كل حركاتنا ، هي حقا عملية كيميائية مذهشة . أن هلامالينا يصبح فجأة صلبا ، ويغير من شكله ، ويرفع وزنه الخاص آلاف المرات ، هذا في الواقع ، شيء مذهش . ومادة الـ ث . أ . ف . تجعله يقوم بها . فعندما يضاف ث . أ . ف . مع قليل من البوتاسيوم الى عضلة مترخية ، فهي تقلص بكل قوتها . ومادة العمل الكيماوية هي خليط من اثنين من البروتينات الاكثين ، الذي يمكن وجوده اما كجزيئات كروية صغيرة أو على هيئة خيوط طويلة ، والميوسين ، القادر على تغير شحنته الكهربائية ، والتفاعل الأساسي في التقلص العضلي عبارة عن فقد للشحنة بسبب حدوثه بالبوتاسيوم والـ ث . أ . ف .

حسن جدا اذن . قانا كيولوجى - اذا أمكننى الادعاء بأننى أحمل هذه الصفة - متقهر فى مواجهة زحف الكيمياء المظفر ، سأعترف بأن الأمر الذى أثاره لافوازييه لأول مرة - أن الحياة وظيفية كيميائية - قد أثبت الآن ببعض التفصيل أنه حقيقى ولكن هناك ما يخص الأحياء أكثر من ديناميكية الكيمياء الحيوية فشلا ، هناك مشكلة الدجاجة والبيضة - أى ، من أين تأتى الخلايا الحية ؟ وكان باستير بدون شك كيميائى ، ولكنه ، وكلنا نسلم بذلك ، هو الذى قوض نظرية التولد الذاتى . وهى الفكرة بأن الذباب يمكن أن يتوالد ذاتيا من اللحم الفاسد ، أو الجرذان من النفايات . ونحن اليوم نسلم بأن الحياة يمكنها فقط أن تتبع من حياة من نفس نوعها . وحتى اذا كان لى عرضا كيولوجى أن أعترف بأن الخلايا الحية تقوم بأداء أشياء كيميائية . فإن الخلايا نفسها تعد بيولوجية وهى على الصورة التى وضعها فيها داروين فى قاعدته للتطور .

وقد أشار البروفسور والد من جامعة هارفارد ، الى أن قصة الايضاح القاطع لباستير عن زيف الاعتقاد فى التولد الذاتى ، وهزيمته للعالم الطبيعى بوشيه أمام الأعضاء المجتمعين لأكاديمية العلوم الفرنسية . تعطى لطلبة السنة الأولى كاتصار للمنطق على مذهب أهل الباطن . وفى الواقع يكاد يكون الأمر بالمعكس . فالراى المقبول بالنسبة لهؤلاء الذين وجدوا استحالة قبول فكرة فعل واحد لعملية خلق خارق للطبيعة ، هو أن يعتقدوا فى التولد الذاتى . ولهذا السبب فضل كثير من العلماء المنطقين منذ قرن مضى أن يعتبروا الاعتقاد فى التولد الذاتى « ضرورة فلسفية » - وأنها لدلالة على العجز الفلسفى لعهدنا ألا تقدر مثل هذه الضرورة أبعد من هذا . ففى كلمات البروفسور والد ، « أن أغلب البيولوجيين المعاصرين ، بعد أن أعادوا النظر وارتاحوا الى تدهور نظرية التولد الذاتى ، وكانوا فى الوقت نفسه غير مستعدين للتسليم بالاعتقاد الآخر فى الخلق الخاص ، قد أصبحوا فى الخلاه بغير طريق » .

والكيمياويون ، على أى حال ، غير راضين عن أى شىء وأستطاعوا حاليا ملء هذا الفراغ الفلسفى . وقد قام س . ل . ميلر أثناء عمله فى معمل البروفسور يورى . الذى كسب جائزة نوبل عن اكتشافه للهيدرجين الثقيل ،

بالتجربة الكلاسيكية الآتية وذلك في عام ١٩٥٥ • فقد مرر خليطا من بخار الماء والميثان والأمونيا والهيدروجين في دائرة خلال جهاز حيث تعرضت فيه لتفريغ كهربائي صامت ، وبخبرنا الفلكيون المعاصرون أن كل هذه الغازات كان من المحتمل جدا وجودها في الجو الأول للأرض قبل وجود الحياة • وكانت الدورة تتم بواسطة غليان الماء في أحد طرفي الجهاز وتكثيفه في الآخر • وفي نهاية الأسبوع أجرى تحليل للمحلول بواسطة أوراق التلوين ، ووجد أنه يحتوي جليسين وآلافين في خليط من أحماض أمينية أخرى • وضمن تلك ، كان معتقد أن حامض الاسبارتيك موجود أيضا ، بجانب الصاركوزين وحامض البيوتريك الأميني وحامض الأيزوبيوتريك الأميني ، وكذلك أحماض الجليوكوليك واللاكتيك والفورميك والبرويونيك • وكانت النتيجة مدهشة للغاية ، وبهذا ، اذن ، ثبت لنا أن المواد العضوية ، وعلى الأخص الأحماض الامينية مكونات البروتين – أى المكونات الأساسية للكائنات الحية – قد يمكن انتاجها بدون الحاجة الى أى سلف حى • وهذا الالابات الكيميائي البحث قائم الآن ليقترح أن التولد الذاتى ممكنا ، وكان بالفعل ، محتملا • وقد أضيف هنا أن البرفسور أوبارين العضو البارز في أكاديمية العلوم السوفيتية ، يقرر في الطبعة الثالثة لكتابه العظيم عن أصل الحياة على الأرض أن هذا العمل الأمريكى قد تأيد تماما في موسكو بواسطة فاسبنسكى وبافلوسكايا • وزيادة على ذلك ، منذ أجرى ميلر تجاربه ، أظهر باحثون آخرون أن البروتينات الحقيقية يمكن أن تكون ذاتيا من الأحماض الأمينية •

وربما تكون الثقة هنا بعيدة بين التولد الذاتى لجزيئات الأحماض الأمينية وبين ظهور الحياة البيولوجية • وعلى أى حال ، فقد بدأ دارسو علم البلورات بواسطة أشعة اكس في اخبارنا بأن الجزيئات المعقدة في الخلايا، تكون في الواقع، موضوعة على مسافات واتجاهات منتظمة تبعا لقوانين الكيمياء • وعلى ذلك ، فإنه ليس مما يتخالف الواقع كثيرا، أن تتصور أن جزيئات البروتين، التى سينشئ بعضها نشاطا خمائريا ، تكون قد نتجت من الأحماض الأمينية الموجودة عفوا في الوسط الأصيل • وقد قدم أوبارين بالفعل الاقتراح البارع المعقول بأن الانتقاء الطبيعى ، الذى يسلم به البيولوجيون بارتياح بالنسبة لعالم الكائنات المعروفة،

يمكن ادخاله مباشرة فى الكيمياء ليعمل ارتقاء وبقاء الأصلح من الجزيئات الأكثر تعقيدا ، التى تقدر على افتراس الجزيئات الأبسط .

وأريد أن أعلق على نقطتين فقط قبل أن أترك هذا العالم قبل التاريخى وأعود الى البيولوجيا والكيمياء الخاصة بالوقت الحاضر . أولهما ، أن الرجل المتعبد سوف يتبين - ان كان ذلك صحيحا على الإطلاق - ان نوع التولد الذاتى يجب أن يعتقد فيه الفلاسفة المعاصرون يمكن حدوثه مرة واحدة ، فقط . فإى حامض أمينى تنتجه لعمليات التفريغ الضوئى الحديثة سوف يستهلك بواسطة الكائنات الحية الموجودة - أى بواسطة البكتريا - قبل أن يأمل بفترة طويلة فى تطوير نفسه الى شئ ما جديد . وبالتالي ، فان الخلق غير الحيوى للمركبات العضوية القادرة على التلاءم معا كيفما كان فى التركيب المكون لجزئى البروتين اللولبى يمكن فقط حدوثه فى عالم لم توجد فيه حياة من قبل . وبالتالى ، فان نوع التولد الذاتى الذى يعتقد فيه الآن الكيميائى الحديث - لأن مايراه كدليل استنتاجى منطقى يجعله يبدو احتمالا جيدا - يختلف تماما عن اعتقاد سلفة البيولوجى فى « الجرذان من النفاية » ، و « الديدان من اللحم » ، والذى كانت مشاهداته غير كاملة بالدليل الواضح .

والنقطة الثانية الجديرة بالاعتبار هى أن أول كيان يولوجى يعد خلقة الذاتى بواسطة نوع العملية الكيماوية الجزافية التى أوضحته ، فيجرى عملية الأيض دون الحاجة الى أوكسجين الهواء الجوى - أى ، بواسطة التخمر . فأتساءل تطور الأرض كان الهواء الجوى الأول خاليا من الأوكسجين . ويتضمن ذلك أن الكائنات الحية الأولى على هذا الكوكب حافظت على الحياة بالتعامل مع المواد التى استخدمتها للطعام بعملية تخمر ، كما لا تزال الخميرة والميكروبات الأخرى تفعل ذلك ، بدلا من أداء ذلك بواسطة التنفس ، كما هى عادتنا حاليا . ويسلم معظم العلماء عموما بأن كل أوكسجين الهواء الجوى الحالى يرجع أصله الى عملية التمثيل الضوئى بواسطة النباتات الخضراء التى انتشرت فى مرحلة متأخرة نوعا ما من تاريخ الأرض . وأدت هذه بالتالى الى امكان حدوث شيئين هامين . أولهما ، أنها مكنت من حدوث عملية تكوين المواد الجليكولية المؤكسدة (أى ، التنفس) . ويضاهى تأثير الفاعلية الكيميائية للتنفس ذلك الناتج من عملية

التخمر ٣٥ مرة هربيا • فاحتراق ١٨٠ جم من السكر في عملية التنفس يعطى ٧٠٠٠٠٠ ر • بالمقارنة بـ ٢٠٠٠٠٠ ر • سعر تنتج بواسطة التخمر • والفائدة الثانية للأوكسجين في الهواء أنه يكون ، كالأوزون ، حاجزا حول الأرض ليقى الخلايا الحية من الاشعاعات فوق البنفسجية التى يمكن لها بدونه أن تقتلهم •

الى أى مدى مضينا الآن في جدالنا عما اذا كانت الأحياء حقيقة كماء ؟ فنحن نعترف بأن الكيمياء يمكنها تفسير العملية التى بواسطتها تصبح الطاقة البيولوجية في متناول الكائن الحي ، فحتى اذا لم لم فهم تماما تركيب كل من الأنزيمات التى تسهل كل خطوة من سلسلة التفاعلات ، فان مجموعة التغيرات الكيميائية نفسها قد فُتت الى حد كبير • ثم نستطيع الآن أن نجادل ، حتى لو تكون أسسنا تميل الى أن تكون نظرية نوعا ، بأن المبادئ الكيميائية يمكنها تفسير أصل الحياة على الأرض • وأن شئت معرفتها ، فالأدلة التفصيلية معروضة في كتاب البروفسور أوبارين •

ولكن هناك بالنسبة للأحياء ما هو أكثر من ذلك بكثير • فحديثا قال البروفسور مازيا من جامعة كاليفورنيا « للأحياء تعميمات قليلة يمكن وصفها وصفا مذهبيا بكلمة « قانون » وهناك استثناءات لأغلب هذه التعميمات • ولكن لم يكتشف أى استثناء لقانون ان كل خلية لابد أن تنبع من خلية أخرى » • فماذا تقول الكيمياء الآن عن ذلك ؟ • • •

ومقدرة الخلايا على النمو بأن تضيف الى محتوياتها مواد كيميائية لا وجود لها في العالم الغير عضوى ، تكون محدودة • وعلى العموم — بالرغم من وجود استثناءات مرة أخرى — فالخلية تستطيع فقط أن تضاعف كتلتها • وعليه فان أى نمو ملموس يتطلب انتاج خلايا جديدة ، ويتضمن ذلك عملية انقسام الخلية • فنحن نستطيع أن نضيف باستمرار الى كمية المادة الحية بالمضاعفة فقط ، وتحدث هذه المضاعفة بالانقسام •

وأعجب ظاهرة في الأحياء هى الخلية المفردة المخصبة التى تنقسم ، وتنقسم ثانية ، ثم مرة أخرى ، وعندما يجرى دور انقسام الخلايا الأخيرة ، فانها تنتج هنا وهناك خلايا وتراكيب خاصة — كالكلب ، والكلبى والجلد والشعر والعضلات —

الى أن يقوم أمامك في النهاية التعقيد الكامل لذبابة الفاكهة ، أو القار ، أو القنفذ
أو الانسان . فكيف أمكن للخلية الأصلية القيام بذلك .. ؟

ويبدو أن جزءا من الإجابة على هذا السؤال يقبع في طبيعة النوع الخاص
لحامض « الـ دي أوكسي ريبونوكليك » الموجود في الخلية . وهذه المادة
الكيميائية ، المسماة « د ن ا » على سبيل الاختصار ، هي ، كما توحى بذلك حاليا
الشواهد المتزايدة ، مركبة « صبغيات » (١) جهاز الانقسام القتيلى القادرة على
هل المعلومات الوراثية (جهاز الانقسام القتيلى هو التنظيم النووى الذى يؤكده
عند انقسام خلية ما ، ان الخلية الجديدة ، سوف تنمو الى كيان كامل كمنشؤها
ولن تكون مجرد قطعة منفصلة) . ويمكن استخراج « د ن ا » من الخلايا بطرق
كيميائية بسيطة ، وقد أجرى كثير من الأعمال التجريبية لا كشفاف أصله
الكيميائى . ومن الواضح أن هذه الأعمال كانت ناجحة . فمعروف حاليا أن
« د ن ا » يتكون من سلسلة طويلة جدا مصنوعة من وحدات متعاقبة من سكر
الدى أوكسي ريبوز ، كما يسمى ، والفوسفات . ويتصل الفوسفات مع السكر
باتظام فى السلسلة ، مكررة لنفس تتابعات « الفوسفات - سكر » مرارا وتكرارا .

ولكن بينما تكون سلسلة الفوسفات - سكر منتظمة تماما ، إلا أن الجزئ
فى عومه ليس كذلك ، لأن كل سكر له ، « قاعدة » متصلة به والقواعد ليست
دائما متماثلة : فاثان منها ، الأدينين والجوانين ، تنتميان الى فصيلة من مركبات
تدعى البيورينات واثتان التايمين والسايٲوزين ، عبارة عن بايريميديات . وكما هو
معروف للآن ، فالترتيب الذى تتبع به احداها الأخرى على طول السلسلة غير منتظم ،
وعلى الأرجح أن يكون متغيرا من جزء لآخر من الـ « د ن ا » وفى الواقع ، فانه
يشك فى أن ترتيب القواعد هو ما يضى على « د ن ا » معين نوعيته . وقد أظهرت
القياسات الكيميائية الفيزيكية وصور الميكروسكوب الالكترونى ان الجزئ
العلاق المتبلر من « د ن ا » عبارة عن جزئ طويل رفيع سمكه حوالى ٢٠
انجستروم ، وطوله حوالى ٣٠٠٠٠٠٠ انجستروم .

(١) صبغيات : وحدات المادة العضوية فى نواة الخلية والعامل فى نقل الصفات
الوراثية (المترجم) .

وقد أوضح واتسون وكريك خلال عملهما في وحدة مجلس الأبحاث الطبية في معمل كافندش بكامبردج ، أوضحا لدرجة كبيرة التركيب المدهش لجزء « د ن ا » . فقد أثبتا في شيء من التأكيد باستعمال التطبيقات الفنية الرياضية المعقدة في دراسة البلورات بواسطة أشعة أكس أن « د ن ا » يتكون من ملفين لوليين ، كل يحتوى على أكثر من ألف طية ، وهما متداخلان كمفتاحي بريمة مشتبكين . وتاما بمثل ما تعرف به الرسائل في اشارات مورس بواسطة ترتيب صف من النقط والشرط ، يكون انتقال البيانات الوراثية لعلم الحياة ، كما هو معتقد الآن من خلية الى التالية بواسطة ترتيب مجموعات البيورينات والبايريميدينات في جزىء كيميائى . وعندما تنقسم خلية واحدة الى اثنتين ينفك مفتاحا البريمة المشتبكان وينكسر الجزىء الكيميائى منفصلا في اتجاه طولى بحيث ، يذهب جزء من الذى كان قفلا محيرا ومعقدا الى الخلية الجديدة ، معطيا هناك النموذج الذى منه يستطيع كائن أن ينمو بنفس صورة منشؤه . ويبدو أن هذه هى طبيعة الوراثة الكيميائية . وحقا أن جزىء « د ن ا » كبير ومعقد لدرجة أن تفصيلاته تمثل مهرجانا من الغموض . ومع ذلك ، فالتنظيم العام لكيميائته قد أصبح واضحا .

وحتى اذا سلمنا بنظرية أن جزىء « د ن ا » فى الخلية يحوى رموز الشفرة التى توجه نمو الخلايا المتتابعة المشتقة منها ، فسيبقى هناك اللغز الأساسى عن كيفية اعطاء « د ن ا » لتأثيره الوراثى . فالمادة التناسلية لا بد وأن تقوم بوظيفتين : أحدهما أن تضاعف نفسها ، والأخرى أن تتحكم فى نمو باقى الخلية بطريقة معينة . والشئ المثير عن نموذج جزىء « د ن ا » كما وضعه كريك ، هو ، كما قلت ، أنه يقدم فورا الطريقة التى يستطيع بها مثل هذا الجزىء أن يتناسل . اذ يتكون النموذج من جزئين ، كل منهما مكمل للآخر مثل مفتاحي البريمة المجدولين . ودعنا نقول ، أن السلسلتين تخلتا عن بعضهما وانفصلتا ، وتبدأ كل منهما فى بناء مكمل جديد لها ، وعندما تكتمل العملية سيكون لدينا زوجان من السلاسل - أى ، جزيئان « د ن ا » - حيث كان هناك قبل ذلك واحدة فقط . كل هذا مقنع للغاية . ولكن عندما نأتى الى الكيفية التى يتحكم بها قانون « د ن ا » فى السلوك المقبل للخلية فغالبا لا تحصل على أى دلالة للحل . وقد قدم جورج جامو ، وهو عالم فيزيقى ، رأيا ذات مرة بطريقة مجردة نوعا ما

عن الكيفية التى قد تنتقل بها المعلومات ، الا أن بعض الصعوبات كانت توجد فى منهاجه . فإذا اعتبرنا أن الطول الكلى لـ « د ن ا » فى صبغية واحدة هو حوالى أربعة سنتيمترات ، وأنه يصتوى بالتالى على أكثر من ١٠ مليون لفة من الجزيء اللولبى ، نجد عدم امكان حل المشكلة بعد لا يثير الدهشة كثيرا .

ودعنا تأمل بعض الأشياء التى لا يزال على البيولوجى أن يتعامل معها ، بالرغم من كل المعلومات التى تستطيع الكيمياء اعدادها لمساعدته . كيف يمكن للخلية المفردة المخصصة أن تتج فى نسلها العدد الوفير من الخلايا المختصة التى تكون العيون والأذان والذراعين والقلب وعقل الانسان ؟ وفى قول آخر ، ما هو سر هذا النوع ؟

فإذا قطعت أجزاء صغيرة من جنين فى المراحل الأولية لنموه ، وطعمت بها بيضة ثانية فى وضع مختلف ، فستمو هناك هذه الأجزاء ، ليس فى الجزء المناسب للكائن الثانى . بل الى أذن وأنف وعدسة عين ، أو جهاز عصبى . وتدعى هذه الأجزاء المستصلة بالمناطق « المنظمة » فكيف تحمل قطعة صغيرة من النسيج التى غالبا ما تكون من مساحة محدودة من بيضة « خصبة » هذه المقدرة التنظيمية معها ؟ وقد وجد هو لتفريتر فى عام ١٩٣٢ ، وهو حاليا بجامعة روتشستر وادنجتون فى كامبردج ، انها قد تكون نتيجة لوجود مادة كيميائية بها . وهنا أتاحت الفرصة لعلماء الكيمياء الحيوية للتلهيل والصراخ . ولسوء الحظ ، وجد الباحثون مواد كثيرة جدا . بدلا من العثور على مادة منظمة واحدة بالذات . فعلى سبيل المثال ، وجد أن مادة مثل صبغة الميثيلين الزرقاء المعروفة قادرة على تحويل الخلايا الى نسيج عصبى بالرغم من عدم وظائفيتها للأعضاء بدرجة كبيرة . وعندما اكتشف أن مواد كثيرة فى استطاعتها العمل مثل المنظم لتسبب التنوع ، جادل معظم البيولوجيون فى أنها قطعا تقوم بالعمل بطريقة ثانوية وأنها تحتاج لوجود تباينات معينة لـ « أبيض » (١) الخلية لتجعلها تعمل . وبحث هذا الفرض يجب استخدام طرق فنية دقيقة للغاية لدراسة أجزاء مختلفة من أجنة صغيرة تماما . وحتى اذا تم هذا العمل ، فإن معناه لا يكون واضحا دائما .

(١) الأيضى : الدور والتجدد فى الخلية (المترجم) .

وقد اكتشف أيضا عالم الأجنة التجريبي أن المناطق المختلفة في حشوة البيضة (السيتوبلازم) (١) قد يكون لها خواص نوعية بحيث أن منطقة معينة يمكنها قسط النمو بطريقة واحدة مهما فعل لها . وتدعى مثل هذه المناطق بالأوبلازمات ، ثم مرة أخرى قد تتفاعل أجزاء مختلفة من البيضة أو الجنين أحدها بالآخر بطريقة تؤدي إلى تغيير المقدرة على النمو لأحد - أو أحيانا - كلا المتفاعلين . ويحدث هذا النوع من العمليات عادة بعد فترة التشقق عندما تجمع الانقسامات والانشاءات لمرحلة « الترقق » (٢) كما تدعى ، أجزاء من الجنين كانت منفصلة من قبل . وتسمى هذه النتيجة استحضارا . وأخيرا ، يعتقد بعض البيولوجيين أنهم يستطيعون تحديد مجالات فردية . وهى مناطق في الجنين يمكن في حدودها - وفي حدودها فقط - جعل تركيب ما خاص ، ونقل الساق ، ينمو فيها . ومن ثم نحصل على مثل هذه التفصيلات ، « يتمدد مجال الأطراف الأمامية من حوالى المنطقة الثانية إلى حوالى العاشرة ، ويبلغ أقصى شدته في المناطق الثالثة إلى السادسة » .

وعندما يبدأ عالم الكيمياء الحيوية في دراسة الأجنة الحقيقية . والطريقة التي تنمو بها فعلا ، والملاحظات الغريبة التي أمكن للبيولوجيين تسجيلها عنها ، فسرعان ما سيجد نفسه وقد أصبح غارقا لأذنيه . وقد أنجزت كمية كبيرة من العمل الجيد في مجال الكيمياء الحيوية . كما أجريت دراسات للتعرف على طرق الكيمياء الحيوية التي تلعب دورا قاطعا في عملية التنوع ، لتوضيح التركيب الآلى الخاص بفعل المنظم ، ولتحديد تكوين جهاز الأقسام القليلة . ووراء كل ذلك توجد ملفات وملفات الجزئ الكيمياءى الملاق ل « د ن ا » في « المورثات » (٣) التي تحمل ، كما نفترض ، المعلومات الوراثية .

وفي كتاب حديث بذل وادنجتون أقصى جهده من أجل المشتغلين بالكيمياء الحيوية ممن خاضوا مجال علم الأجنة . فقد سلم بأن طرق الكيمياء الحيوية

(١) السيتوبلازم : المادة البروتوبلازمية التي حول نواة الخلية .

(٢) الترقق : إحدى مراحل النمو يكون فيها الجنين متكونا من طبقتين

من الخلايا .

(الترجم)

(٣) المورثات : الجراثيم المورثة .

تحقق تقدمات هامة جدا . ولسوء الحظ ، مع ذلك ، فإن الأحداث في خلية تنمو ، بحالتها المعقدة بنمو واضمحلال مناطق المنظم وبتأثير احداها على الأخرى في التفاعلية وما شابه ، متصلة أيضا بالأنظمة المختلفة للمؤثرات الطبيعية من أجل المحافظة على الكائنات الحية كآمر مستمر وهو ما شرحته في أوائل هذا الفصل . وإلى أن تستطيع ادراك عمل الخلية بأكمله ، من حيث صياغة نفسها وشكلها المتغير أيضا ، فإن وادفجتون يؤيد وجهة النظر — والتي يقر بأنها للآن لم تصبح نموذجية — بأن ذلك يكون سابقا لأوانه أن تتطلع إلى الكيمياء الحيوية لتمدنا بالهيكل الأساسي للأفكار عن علم الأجنة .

والكيمياء ، دعنا نكرر ، هي العلم الذي يتعامل مع تركيب المادة . وبالتالي ، فهي تشمل تركيب المخلوقات الحية الموجودة على الأرض ، حيث أننا نعلم الآن أن المواد العضوية التي توجد في الأشياء الحية لا تختلف في جوهرها عن المواد العضوية التي توجد في أى مكان آخر — في المعامل ، على سبيل المثال . وإلى هذا الحد يكون التنافس مع الأحياء التي يشمل نطاقها فقط تلك الأشكال الحية تماما بكل أنواعها المتعددة . وتستطيع الكيمياء الحيوية أيضا الادعاء بأنها قامت في الأعوام الحديثة بعمل تقدمات عميقة في فهم العمليات الكيميائية التي تجعل الحياة تستمر . ولدينا الآن سند تفصيلي لقول لانوازيه المأثور « الحياة وظيفية كيميائية » . وربما نكون قد وصلنا إلى النقطة التي نعرف عندها الكيمياء البسيطة التي بدأت بواسطتها الحياة على الأرض . وأخيرا ، توجد هناك التقدمات الحديثة المدهشة في كيمياء البوليمرات لتوضح لنا جزئيا « د ن ا » الهائل ، والذي بواسطته تدل الخلية المنقسمة على أى نوع من الحيوان تكون .

وبعد ثم وبعد ، فهناك أجزاء كبيرة من الأحياء لا تستطيع الكيمياء تفسيرها للآن . فالحيوان البرمائي البسيط الذي أجرى عليه عالم الأجنة التجريبي الخدعة القديمة الخاصة بفرس ساق زائدة — ظهر لوجه ! — لازال في امكانه أن يحير الكيميائي .

وقد استعملت كلمة « أحياء » لأول مرة بواسطة العالم الألماني ، جوتفريد ترينيرانوس ، في كتابه « الأحياء أو فلسفة الخلق الحي » الذي نشر في جوتنجن عام ١٨٠٢ . وقد بدأ هذا العمل العظيم بوصف الظواهر والأشكال المختلفة

للحياة والظروف والقوانين التي تتحكم في وجودها . ثم شرع المؤلف في المجلدات الستة التالية في تصنيف كل الحيوانات والنباتات التي كانت معروفة في هذا الوقت - أى منذ أكثر من مائة وخمسين عاما . وكله ملائم جدا لنا لتراجع المعرفة التي لدينا الآن عن التكوين الكيميائي لأنسجة النباتات والحيوانات المتعددة وكذلك للكائنات الدقيقة التي تحيط بها والتي تعرض أيضا المميزات للحياة . وما زال التعمق في فهم كيمياء الطاقة البيولوجية هو أيضا هدف مشروع للتأخر ، بينما لا تزال البدايات الحديثة لتفهم العمليات الكيميائية التي يتم بواسطتها نمو وتكاثر الخلايا الحية رمزا آخر للإنجاز العلمى . ومع ذلك ، فبالرغم من أن الكيمياء قد تغلغت كثيرا في الأحياء ، فإن الأحياء نفسها ، العلم الخاص بالكائنات الحية ، قد بسطت نفسها ليس فقط في الكيمياء ، بل في العلوم التطبيقية للهندسة والميكانيكا ، والتصنيع بالمثل . كما اشتق عنها أنظمة علمية جديدة كعلم الأحياء الدقيقة ، وعلم التحصين ضد الأمراض ، اللذان نتج عنهما تقدمات عملية عظيمة ، واللذان لا يمكن أن ندعى بأنهما يتيمان إلى أى شئ آخر غير الأحياء نفسها .

والفطر ، « البنسليوم فواتم » (١) ليس شائعا بوجه خاص ، ومع ذلك كان هذا الميكروب بالذات هو الذى دخل من خلال نافذة معمل البرفسور فلنچ في شارع باريد بيدفجتون ، ولوث طبق الاختبار الذى كان يشغل به . ونحن نعلم الآن أن هذا الكائن الدقيق بالذات ينتج المادة المضادة للحيوانات وهى ، البنسلين . وقد تم معرفة تركيبة الكيمياء ولكن كل الكمية الكبيرة من البنسلين التي استعملت في العالم - وقيمتها الاجمالية تربو على قيمة الأسيرين - قد أتت عن طريق علم البيولوجيا ، وليس بواسطة الكيمياء . والمعرفة الكيميائية مشتبكة مع البيولوجيا . فمثلا يمكن زيادة كميات البنسلين كثيرا بتغذية الفطر « بالطلائع » الكيماوية المناسبة . ولكن الكائن الحى هو الذى نعتمد عليه .

وقد بذلت مجهودات ضخمة منذ اكتشاف مضادات الحيويات ، التي لدينا منها الآن بضع مئات ، وأتج العمل العلمى الدائب الذى بذله الكيماويون والبيولوجيون معا سلالة من الفطر ستخرج لنا بنسلينا بوفرة أكثر من ذلك

(١) نوع من الفطريات (المترجم) .

المخلوق الأصلي « الشارد » الذى طار خلال نافذة البروفسور فلمنج . وطريقة الصنع — ان جاز هذا التعبير — التى ينمو بواسطتها الفطر المستأنس ويتداول فى المصانع الكبيرة قد واجهت مشاكل جديدة وعديدة فى هندسة البناء ، لدرجة أن بعض الناس ذوى الجرأة ممن اقتفوا أثر السير هارولد هارتلى ، قد تمكنوا من اختراع نوع جديد من العلم التطبيقى يدعى « هندسة الكيمياء الحيوية » .

ويمكن للكيمياء ادعاء بعض الفضل فى تسخير مضادات الحياة — البنسلين ، ستربتومايسين أوريومايسين ، باكتيراسين ، وما شابه — لتستخدم فى الطب حتى لو كانت الطرق الحيوية التى أنتجت بواسطتها ، كل منها عن طريق كائن دقيق منفصل ، تعد جزءا من البيولوجيا . ولكن بالرغم من كل ما يعرفه الكيميائى ، وما يستطيع أن يستنبطه أكثر من عمليات الحياة ، تظل أجزاء كبيرة من علم الأحياء المجال للبيولوجيين . فعلى سبيل المثال ، عرضت فى الثانى من يونيو عام ١٨٨١ مساحة مزرعة فى بوأيلي — لى — فورت التجربة التمثيلية العلنية التى أثبتت بواسطتها لويس باستير فاعلية تطعيم الغنم كوقاية ضد الجمرة الفحمة الخبيثة . وقد وصف فاليرى رادوت الواقعة كالآتى :

عندما وصل باستير فى الساعة الثانية بعد الظهر . . يصطحبه زملاؤه الشبان سرت همهمة من الثناء ، التى سرعان ما أصبحت هتافا عاليا انبثق من كل الشفاة . وكان هناك ممثلون من الجمعية الزراعية من ميلون ، ومن الجمعيات الطبية ، والجمعيات البيطرية ، ومن المجلس المركزى للصحة بالسين والمارن ، وصحفيون ، وصغار الفلاحين الذين اهتمت أفكارهم بمقالات الصحف المؤيدة أو المعارضة ، كلهم كانوا هناك . وكانت جثث اثنا وعشرون من الغنم الغير مطمعة ترقد جنباً الى جنب بينما كان اثنان آخران يلفظان آخر أهاسهما ؛ أما آخر من كان على قيد الحياة من المجموعة المضحي بها فكانت تبدو عليها كل الظواهر المميزة (للجمره الخبيثة) . بينما كان كل الغنم المظعم فى صحة مكتملة . . أما الذى بقى بدون تطعيم فقد نفق فى نفس الليلة .

وقد حدثت هذه الواقعة منذ ثلاثة أرباع قرن ، ولكن مشاكل معقدة فى نشاط الأجسام المضادة وفى علم التحصين ضد الأمراض لا تزال أساسا باقية فى مجال البيولوجيا . وحقيقة أن الجدري ، الذى كان يعد كارثة لا يتوقع

كثيرون الخروج منها معافين ، قد أصبح غير شائع بئانا للدرجة أنه عندما وصل أحد البحارة من الملايا ميناء ليفربول وهو مصاب بالمرض ، اهتزت المدينة رعبا ، واحتلت أنبأؤه الصفحة الأولى في الجرائد من أول البلاد الى آخرها . ولكن التطعيم ضد الجدري الذى ساعد أساسا في تغيير وجه الحياة للمدينة الفرية هو نتاج علم الأحياء بمفرده . وبالمثل ، فالمرض الجديد المعدى وهو شلل الأطفال ، عومل بلفاح جديد ، أجرى اتناجه بواسطة الطرق الحديثة في هندسة الكيمياء الحيوية ، اذا رغبتنا أن ندمعها كذلك ، ولكنه يعتمد أيضا على الطرق البيولوجية لنمو الفيروس الحى في الوسط المغذى المعقد لجنين الدجاجة ، أى البيضة .

وثمة مجال آخر حافظ فيه العلم البيولوجى على أهميته الرئيسية بغض النظر عن التقدمات الهائلة في المعلومات الكيميائية هو الخاص بـ « مصادر الغذاء » . فمنذ أكثر من مائة عام بدأ جون بنيت لاواز في روتامستد تجاربه الشهيرة التى أثبتت أن اضافة السوبر فوسفات الى المزارع قد أقتجت زيادة في محصول الأرض . ومعروف حاليا أن المزروعات بجلباب لاحتياجها الى النتروجين والفوسفور ، والبوتاس ، فهى في حاجة الى المغنسيوم والمنجنيز واليورون والنحاس والحديد والكوبالت والزنك . وبحلول عام ١٩٥٠ ، بعد أكثر من قرن من تأسيس لاواز لفرع جديد من العلم الكيميائى وصناعة كيماوية جديدة بالمثل ، كان انتاج العالم من الأسمدة الصناعية حوالى ٤٠ مليون طن في العام .

وفى عام ١٨٩٨ قرر سير وليام كروكز في خطابه الرئاسى للجمعية البريطانية لتقدم العلوم أن العالم وقتها يحتاج الى ٢٠٧٠ مليون بوشل (١) من القمح سنويا . وقدر أنه بعد ثلاثين عاما سيصبح الاحتياج ٣٣٦٠ مليون بوشل . ومن أجل الحصول على هذه الزيادة من مساحة الأرض الموجودة عندئذ كان من الضرورى زيادة متوسط المحصول الخاص بعام ١٨٩٨ من ١٢ر٧ بوشل للفدان الى مستوى جديد يصل الى ٢٠ بوشل للفدان . ثم قال أن ذلك يمكن تحقيقه باستخدام ١١/٢ قطار انجليزى للفدان من نترات الصودا وذلك

(١) مكىال انجليزى للحبوب = ٣٦٠٣٥ لتر (المترجم) .

بالنسبة للـ ١٦٣ مليون فدان من الأراضي المزروعة بالقمح : أى تسميد كامل بواسطة ١٢ مليون طن في السنة - وهى كمية خيالية في الظاهر . والطاقة السنوية للمصانع التى تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى بطرق كيميائية خالصة حالياً ، يمكنها مع ذلك أن تعطى أكثر من ضعف هذه الكمية ، وقد فاق استعمال الأسمدة النتروجينية الآن كل توقعات تلك الأيام . ولكن ، مما يبدو متناقضاً ، أن الكيمياء لم تكن هى التى استخدمت في انتاج الأسمدة التى أصبحت من أهم العوامل المؤدية الى الزيادة في « مصادر الغذاء » . فقد كان استخدام علم الأحياء بدلاً منها هو ما أدى عن طريق التربة النباتية المنتظمة الى النشوء النظامي لسلالات جديدة من القمح يمكنها أن تنمو في مناطق من العالم ذات ظروف جافة جداً وفصول قصيرة جداً بالنسبة لنجاح الأنواع العادية . ففى كندا ، توجد مساحات هائلة من الأرض في الغرب والشمال يسكن استخدامها لاتنتاج هذه الأنواع الجديدة من القمح .

ويستحوذ علم الحياة أيضاً على قطعة أخرى قوية فيما يتعلق باتاج القمح . فالواقع أن الأنواع الجديدة المستنبطة من معامل التربية النباتية قادرة على النمو في البرارى الشمالية . ولكن سرعان ما تبدأ الأمراض الفطرية ، كالصدأ والبرقان ، في اصابة المحاصيل بالآفات الزراعية . وتكون البيولوجيا عندئذ ، وليست الكيمياء ، هى التى تتدخل مرة أخرى لاهاذ الموقف . فقد استخدم التطبيق النظامي للانتقاء الوراثي مرة أخرى لينتج في هذه المرة نباتاً مقاوماً للصدأ .

وحقيقة الأمر أنه بالرغم من أن علم الأحياء هو كيمياء ، وعلى الرغم من أن مقدمات كيمياء الوراثة ، على سبيل المثال ، قد كشفت في الجزء المملاق لـ « د . ن . أ . » ، وبالرغم من أن الكيميائي يستطيع أن يلم في الحال بتوسع وتغريب كبيرين بالطريقة التى ينمو بها الخفاف (١) أو السلمون مثلاً من بيضة مخصبة واحدة الى المخلوق الذى هو عليه ، مع كل التعقيدات العويصة للشكل والسلوك الذى يمرضه الخفاف المحلق عابراً كل سماوات العالم - والسالمون البراق الذى يقفز فوق معراج الأسماك في سدود اسكتلندا

(١) الخفاف : الطائر المعروف باسم عصفور الجنة (المترجم) .

الكهربائية الخشبية بالرغم من أن الكيميائي يستطيع أن يلم ربما بكنه هذه الكيمياء ، فإن هذا النوع من الكيمياء في الواقع صعب جدا على الكيماويين • وهم يحسنون صنعا لذلك بتركهم دراسة الخطافات والسالمون في الوقت الحالي للبيولوجيين •

ولكن بينما نجد في أحد جوانب علم الأحياء أن الكيميائي يفهمه للكيمياء التي تجعل الحياة تستمر ، وآرائه الحالية عن الأصول الكيميائية للحياة على الأرض ، ومعلوماته - بنطاقها المحدود - عن كيمياء علم الأجنة ، والطرق التي تنمو بها الخلايا الى الأنواع المختلفة من المخلوقات الموجودة على وجه الأرض - بينما تتجمع كل هذه المعلومات الكيميائية في ناحية واحدة ، ففي الطرف الآخر نجد أن علم الأحياء نفسه يمتد الى مجال دراسي مختلف ، لكنه متساو في غموضه •

فما من كائن حي ، سواء كان أبسط الأنواع كالبكتيريا ذات الخلية الواحدة ، أو أكثرها تعقيدا كالفقريات متعددة الخلايا المعقدة ، التي هي الانسان ، يعيش بنفسه فقط • فكل منها يتأثر بيئته • وهناك أحد أقسام علم الأحياء ، ويدعى علم البيئة ، أو الايكولوجيا ، يتساوى في أهميته مع المورفولوجيا التي تتناول الشكل والتركيب ، أو الفسيولوجيا الذي يتناول الوظائف ، هذا العلم يهتم بالعلاقة بين الكائنات وبيئتها وظروفها الشاملة • والأرض مليئة بالحياة • ففي مناطق الأقطاب الباردة نجد أن بيولوجية الديدان والبطاريق تكيفت بالنسبة للبرد • ومرة ثانية في المناطق الاستوائية تعودت المخلوقات على الحرارة • والطيور والخفافيش والسكك ، والحشرات والكائنات الدقيقة - كلها تتأثر بما يحيط بها • والتغير في البيئة له أثره على ميزان الطبيعة • والتأثيرات والنتائج التي تسببها تعد كلها الدراسة المشروعة للبيولوجي •

ومن ضمن العوامل البيئية التي تؤثر على التبيؤ بقوة واضحة هي وجود مخلوقات حية أخرى • ولا أشير هنا الى وجود ، مثلا ، مصادر طيبة من بعض النباتات النامية المناسبة كغذاء والتي ستدفع نمو الجراد ، والبعوض والجرذان أو الغزال الأحمر لدرجة أن الأنواع المفضلة ستطفي على الأخرى بأجمعها •

فوجود أعضاء آخرين من نفس الكائن الحي له أيضا تأثير على الحيوانات المفردة .

وقد أشار دكتور وارد آللى ، البيولوجى الأمريكى المشهور فى مناسبات عديدة قبل أن يتوفى فى عام ١٩٥٥ الى دلالة التطور التى تحدث فى الاحياء فى المجال الخاص للتبؤ . فمثلا ، تستطيع مخلوقات عديدة أن تعيش فقط كأفراد إذا تواجد منها المدد الكافى لتكوين جالية . فإذا قسمت اسفنجة حية الى خلاياها المفردة بمصرها خلال فتحات منديل . ثم يوضع خمسين من الخلايا المنفصلة فى الماء مع بعضها ، فهى ستموت . ولكن اذا كان هناك ألفى خلية ، فستجد مع بعضها على شكل اسفنجة جديدة . وبالمثل ، فإذا قل تعداد السكان الآدميين فى جزيرة ما من الجزر الاسكتلندية ، فلن يتجددوا بل سينقرضوا تماما .

وقد وصف دكتور آللى كيف تقوم جاليات بعض أنواع الأسماك بحماية المقاطعة التى يعيشون فيها . وقد اشتهر النمل والنحل بالتأثير المتبادل المشتبك للشعب على الفرد . ومستعمرات الدجاج - والبقر - تنشئ نظاما اجتماعيا ، أيضا . فقد أسس الدجاج نظاما للنقر ، تنقر فيه الدجاجة أ الدجاجة ب ، وكلاهما ينقر الدجاجة ج ، ولكن الدجاجة ب لا تنقر الدجاجة أ .

وتزودنا الكيمياء الحيوية بمعلومات تطبق بالمثل على البكتريا والجرذان البيضاء أو الآدميين الذين يعانون من مرض البول السكرى . فالتشريح المقارن هو دراسة التركيب البيولوجى سواء كان بالنسبة لديدان الأرض ، أو للسكان الأستراليين الأصليين أو بالنسبة لأنفسنا . والتبؤ يعد أيضا الجزء من علم الأحياء الذى يستطيع استخدام الطرق العلمية فى دراسة التعاون بين الأفراد ، وسلوك الأفراد فى الجماعة ، أو الاعتداء الذى يشاهد بين مجموعة من الأفراد والآخرى . وهذه الافراد قد تكون رجالا ونساء تماما كما يمكن أن تكون مجموعة من النحل أو الخفافات . وفى هذا الاتجاه . لذلك تقسم الأحياء حدودها مع علم الاجتماع . والكيميائى ، على الرغم من أن معلوماته قد نمت كثيرا فهو قد ينظر الى الأحياء بخجل . ولكن البيولوجى بدوره لا زال أمامه الكثير ليعبر الحدود الى دنيا الأمور الانسانية التى لا تزال غير علمية .

الفصل الخامس

الطاقة الفيزيكية

هناك مسألة مشهورة في الديناميكا أقلقت لأجيال تلاميذ المدارس — وتلميذاتها على حد سواء . اذ يطلب منهم تخيل جبل عديم الوزن معلق فوق بكرة ملساء . ويتدلى طرفا الجبل (بالرغم من أنه عديم الوزن) ، لأن وزنا مقداره عشرة أرطال علق في أحد طرفيه ، بينما ثبت بطرفه الآخر قرد وزنه عشرة أرطال . وبوضع المنظر على هذا النمط ، تطلب المسألة من التلاميذ تقدير ما سيحدث للمجموعة بأكملها عندما يبدأ القرد في تسلق الجبل لأعلى بمعدل س قدم في الثانية .

وبتعبيرات تقليدية قد يعد حاليا هذا النوع من المسائل جزءا من نطاق علم الطبيعة . فقد أنشئ حولها اطار هائل من الرياضيات . فهناك متوازي أضلاع القوى الذي يمكن أن تمثل بواسطته قوتان مختلفتان في المقدار بمحصلة واحدة ، تعمل في اتجاه محصور بين الاثنتين . ولكن الرياضيات هي فقط اللغة الوصفية التي يمكن بواسطتها وصف أى نتيجة فيزيكية بدقة وارتياح . وتدخل قوة الجاذبية في الصورة أيضا . فهي أيضا من اختصاص علم الطبيعة لدرجة كبيرة ، وبالرغم من أن العالم الفيزيقي يعد الجاذبية شيئا ضعيفا ضئيلا بالمقارنة ، مثلا ، مع قوى كهرو مغناطيسية معينة ، فهي شيء يحسب حسابه عندما يرضخ لها أى طيار تعس يقع من بالون بدون مظلة .

فأنت متلاحظ ، على أى حال ، أن في هذه المجال المنظمة للفيزيكا ، الموضحة بضوء الرياضيات ، نستطيع أن نقدم بدون غموض ، قردا متسلقا . والقرد ، بالرغم من أنه قد يكون مشتركا في مسألة فيزيكية ، الا أنه يدين بولائه

الأول للأحياء • والمشكلة التي أود أن أناقشها حاليا هي : كيف تدفع الطاقة الحياة ؟ كيف تحرك الآلة الحية ؟ من الذى عليه أن يفكر فى المسألة – البيولوجى ، الذى له الحق الأول فى القرد ؟ الكيميائى ، الذى ، كما رأينا فى الفصل السابق ، لديه الكثير ليقوله عن الكيمياء الحيوية للخلية ؟ أم العالم الفيزيقي ، الذى يعد أحسن من يستطيع تقرير ما اذا كان القرد سيصعد فى اتجاه البكرة وبأى سرعة ، أم أن الوزن فى الطرف الآخر سيوازن مجهودات القرد ؟

وقد أشار البرز زنت جيورجى ، الحائز على جائزة نوبل وأحد أنشط علماء الكيمياء الحيوية اليوم وأكثرهم سخطا الى الحقيقة المنهكة بأنه ، جنبا الى جنب مع لمحات ذكية تماما من معلومات جديدة قاطعة عن التفاعلات البيوكيميائية ، توجد هناك بقع مظلمة من الجهل • وقد أشار أيضا أنه فيما يتعلق بالحركة العضلية ، فإن عدد النظريات المختلفة التى قدمت فى هذا الصدد تبين أن المعلومات الأكيدة ليست فى المتناول بعد •

فنظريات التقلص العضلى ، كما قال عنها زنت جيورجى ، موجودة فى السوق بالعشرات • ولا تستطيع أغلب هذه النظريات مواجهة المجموعات المختلفة من المعلومات التى تعطيها فى نفس الوقت علوم الطبيعة ، والكيمياء ، ووظائف الأعضاء (وهو جزء من علم الأحياء) ، والتحليل الطيفي الالكترونى • ويقول « أن الموقف بالنسبة للعضلة مماثل فى الوقت الحاضر لذلك الخاص بالفيثاغورس المقدس ، الذى له من الأسماء تسع وتسعون ، وأن الاسم الوحيد الحقيقى رقم مائة ، يعرفه فقط الفيثاغورس نفسه » •

والجزء الأول من النظريات يعد مضبوطة نوعا ، كما هى العادة فى مثل هذه الأمور • فالحصول على طاقة على الإطلاق لأى غرض يستلزم وجود وقود ليعطيها • (وأريد أن أترك جانبا لفترة ما طاقة ضوء الشمس ، المشعة من التفاعلات النووية على الشمس ، التى تتداخل مع كلوروفيل الأوراق الخضراء من أجل أن تصنع كل الوقود الموجود لدينا) •

وقد ناقشت بعض التفاصيل فى الفصل السابق من الكتاب الكيمياء التى يستخدم بواسطتها الوقود فى إنتاج الطاقة البيولوجية • إذ تقوم أكثر الخلايا

بساطة ، والتي يمكن أن تعد الخميرة مثالا شائعا لها ، بتفتيت جزئيات مركب كالسكر وتحرقه جزئيا الى كحول وثاني أكسيد كربون . والكيمياء التي تمهد لهذا الاحتراق ، اذا جاز لنا أن ندعوها كذلك ، معقدة كما رأينا ، وتتضمن مجموعة من عشرة أو اثنا عشرة خطوة متوسطة - الاتحاد مع الفوسفات ، والاتصال عن الفوسفات ثانية ، والبقية كلها . ويمكننا حتى هذا الحد ، أن نوافق بأن ذلك عمل دقيق ومعقد . ولكننا يجب أن نتوقع أن تكون الحياة كذلك ، ومع ذلك ، يمكن التسليم بأنها كيمياء .

وأكها الطرق - وأكثرها تعقيدا التي تحصل بها الحيوانات العليا ، ويتضمن ذلك أخصنا ، على الطاقة من الطعام هي بواسطة التنفس . وتلك أيضا كيمياء . خذ أوقية من السكر واحرقها في المعمل أو ، اذا كان هناك وفرة من السكر في كوبا ، فأحرقها في مراحل القوى الكهربائية بهافانا ، فستحصل على ١٠٨ كيلو سعر من الحرارة منها عندما يعانى جزىء السكر تغير الشكل الكيميائي الى ك أ ، يدم أ . ويمكن الحصول على نفس الكمية من الطاقة في مجموعة التحولات الحادثة الأكثر تعقيدا للتحلل البيولوجي . وقد أخذ البيولوجيون هذا النوع من الكيمياء كفضية مسلمة . فالطاقة المتوقعة الحصول عليها من أنواع الوقود المختلفة موضوعة في قوائم على هيئة مرجع : ٢١٨ سعر من أوقية من الزيت الصناعي ، ٧٠ من أوقية من الخبز ، ٥٠ من الشمس المجفف ، ٤٨ من السالمون المحفوظ . وجنبا الى جنب مع أرقام كهذه ، قيست المتطلبات الكيميائية اللازمة لساعة من الكتابة على الآلة الكاتبة ، أو لصنع حذاء ، أو للمشي أو لركوب دراجة .

ويبدو أن جميعها صحيحة لدرجة أنه ، تماما كما ستقوم شركة السكك الحديدية بتعريض فحمها للتحليل الكيميائي ، ثم لا تستتج فقط كمية الحرارة التي سيعطيها ، بل أيضا مقدار كفاءة أى قاطرة خاصة معبرا عنها بالحرارة الموضوعة فيها من الفحم بالمقارنة الى الشغل المبذول في سحب القطارات ، سيقوم البيولوجي بذلك أيضا . فعلى سبيل المثال ، أمامي جدول يوضح الكفاءة الميكانيكية لعمال مناجم الفحم تحت ظروف مختلفة . فالشغل المبذول في جرف الفحم معبرا عنه بكمية السعر الناتج من طعامهم عندما يكون هناك امتناع للوقوف منتصبين يمثل عائدا مقداره ٢٥٪ ، أما اذا كان على الرجال

أن يقوموا بالحفر وهم رابضين على أيديهم وأرجلهم ، مهما كان ، فإن كمية القدم رطل من التمثل المبذول تبلغ $\frac{7}{10}$ فقط من الوقود - أى الطعام - المحترق » .

أما وقد مضينا بعيدا ، مع ذلك ، وأوضحنا تلك الرقعة الذاكرة من المعرفة العلمية عن كيفية امكان تفسير المؤثرات البيولوجية بتفصيل لا بأس به على هيئة كيمياء - ما أن فرنا ذلك كله ، أود الآن أن ألقى بمض الشك على ما اذا كان انطلاق الطاقة البيولوجية (أى ، نشاط الحياة) كيمياء على الإطلاق .

وقد انهك مئات من طلاب المدارس والثنان الراشدين خلال فصول الصيف القريبة في الولايات الواقعة في الجنوب الشرقى ووسط غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، في جمع اليراع (١) من أجل المنافع العلماة ، في العلم والتجارة . وقد نظم البحث بواسطة بيت تجارى كيميائى أمريكى كبير في مونت فيرمون ، بنيويورك ، كان أصحابه في حاجة الى ذبول اليراع من أجل عملهم الفنى الخاص وليبعه لمراكز أبحاث أخرى . والغرض من الاحتياج لذبول اليراع ، والذي تعتمد عليه قيمتها الاقتصادية هو الآتى : وجد أن مستخرجا من ذيل اليراع هو أضع العوامل التى اكتشفت حتى الآن لقياس المركب البيولوجى ، أدينوسين ثالث الفوسفات . ويعد « أ ت ف » لازما لنقل دفعات الأعصاب ولنشاط العقل كما هو كذلك بالنسبة لنشاط النسيج العضلى . (فحتى اذا لم يعط ال « أ ت ف » الحل بالنسبة للاسم رقم مائة للفيل المقدس ، فهو بدون شك قرب منه) .

فمنعما يضاف « أ ت ف » الى المستخرج من ذبول اليراع ينتج ضوءا متناسبا مع كمية « أ ت ف » الموجودة . وقد جند البيت التجارى الأمريكى أنفسهم لجمع ملايين الحشرات في حملة سنوية ليسمح لهم لا ليجهزوا فقط كميات من المادة المضيئة لاختبارات ال « أ ت ف » بل أيضا لتمكينهم من معرفة المزيد من المادة الحيوية المضيئة نفسها .

(١) سراج الليل (نوع من الفراش) « المترجم » .

ولا أريد أن أكتب الآن عن هذه المادة الحيوية المضينة ، اللوسيفرين ، الغير مفهوم أصلها في الواقع على وجه الدقة ، أو عن الأثرزم ، اللوسيفراس ، الذى يطلقها . فبالنسبة لأغراضنا ، يعد اللوسيفرين مجرد فتيل لمبة كهربائية واللوسيفراس هو المفتاح على الحائط . والنقطة الهامة لمناقشتنا الحالية هى ، ماهو أصل الطاقة - أو التيار مثلا - التى تسبب توهج اليراعة . وهو بالتأكيد ليس الوهج الأحمر الساخن لقتيل مصباح حقيقى ، لأن درجة حرارة ذيل اليراعة فادرا ما ترتفع على الإطلاق . ومع ذلك ، فإن ضوء اليراعة ، المسمى بالإضاءة الحيوية ، ظاهرة فيزيقية ، يمكن قياسها .

والعمليات الأساسية لاتاج الضوء في ظاهرة الاستضاءة الكيميائية هو ما يدعوه العلم ؛ لتصور عن الفهم الحقيقى ، « تكوين جزئى مستثار » تنطلق الطاقة الزائدة فيه على هيئة « كم » من الضوء . والمعتقد أن جزيئات اللوسيفرين المؤكسدة ، قد تحتوى أولا على الطاقة الزائدة التى تتحول الى جزيئات اللوسيفرين - وتلك تكون الأثرزم - بواسطة الاصطدام . وعندئذ تنطلق جزيئات اللوسيفراس المستثار وحيدة الطاقة التى تعد مقياسا للأثارة الموجودة بها وهذا هو الضوء . وهناك كمية كبيرة من الشواهد التجريبية ، أعطت فيها ذبول اليراع المستخرجة المجففة مصادر من لوسيفرين منقى جزئيا على الأقل ، ووضعت معها تركيزات منفصلة من خميرة اللوسيفراس مجهزة أيضا بعناية فائقة وجهد كبير . ومن ثم فقد استنتج أن اللوسيفراس يعطى الجزيئات المثارة ، بجانب كونه وسيطا كيمياويا يتأكسد بواسطة اللوسيفرين ، كما لو كان مشحونا بالطاقة . وهناك استنتاج آخر غامر به نيوتن هارفى ، وهو فى الغالب صحيح قطعا بالمثل . وهو أن اللوسيفراس ، بجانب القيام بدوره الخاص فى توزيع الضوء لليراعات ، فهو أيضا يقوم بدور فى العمل الروتينى العادى لتنفس الخلية . أو ، للتعبير عن ذلك بطريقة أخرى ، فالإضاءة وانبعاث الضوء اذن ، ليستا وظيفتين بيولوجيتين مدهشتين ، فهناك فى الواقع واحد وأربعون فصيلة من المخلوقات تمتلك هذه المقدرة - البكتريا ، الديدان البحرية ، الديدان الأرضية ، الحشرات ، يرقان الذباب ، القشريات ، والفطريات . فانه مجرد أن يحدث بعض التغير التافه فى الأنظمة المعتادة التى يتحصل بواسطتها على الطاقة البيولوجية - فى الفطريات ، لعوامل وراثية ، كما أوضحنا - حتى ينطلق بعض من هذه الطاقة على هيئة ضوء .

ومن أجل أن أوضح ما أهدف إليه ، أود أن أشير الى نقطة سأرجع اليها مرة أخرى - ربما مرتين - بعد ذلك بقليل . وهى أنه على الرغم من أن المسالك الكيميائية التى قد تبدو بها نشاطات الأنواع المختلفة من الخلايا الحية مختلفة تماما ، وهى فى الواقع مختلفة تماما ، فمن المحتمل أن أعق اكتشاف للكيمياء الحيوية الحديثة هو وجود تشابه أساسى بينها . فالصورة البسيطة لكيمياء الحياة التى نجدها فى التخمر أطلق عليها لويس باستير «الحياة بدون أوكسجين» وهى تحتوى على سلسلة من اثنى عشر أو حوالى ذلك من الخطوات الكيميائية المتوسطة وهذه الصورة البسيطة للتركيب الآلى البيولوجى القادرة على دفع الحياة قبل أن يوجد الأكسوجين فى الغلاف الجوى للأرض ، تحتوى فى مرحلتها المتوسطة على عدد من المواد التى نجدها بتغير جزئى طفيف فقط ، فى الحلقة التطورية الأخيرة من التفاعلات البيوكيميائية فى خلايا النباتات الخضراء ، التى زودت نفسها « بتروس تعشيق » - أى مادة الكلوروفيل الخضراء - القادرة على الاشتباك مع وحدات كم طاقة الضوء من الشمس حتى أن نظام التخمر المحور ، المدفوع فى الاتجاه العكسى بواسطة الطاقة الشمسية ، يصبح هو عملية التمثيل الضوئى الذى يمكن أن يتكون بواسطته السكر ومواد الوقود الأخرى ، وينتشر فى الهواء منتج ثانوى لعملية التمثيل الضوئى هو الأوكسجين ، الذى يصبح الآن جزءا من الغلاف الجوى الأرضى نتيجة للظهور التطورى للنباتات الخضراء الحية . ولكن مع وجود الأوكسجين فى الهواء ، أصبح ممكنا حدوث تحولات أكثر بساطة فى سلسلة التفاعلات البيولوجية التى تستمر بواسطتها الحياة . والتغير الحقيقى يزيد قليلا عن اطالة مجموعة الجزيئات ثلاثية الكربون الموجودة فى دورة التخمر حتى تصبح مواد رباعية الكربون التى نجدها فى دورة التنفس الأكثر فاعلية .

ولكن هنا جوهر الموضوع . فنحن ، الهوموساينز - أى ، الجنس البشرى نحمل معنا أنزيمات وجزيئات وسيطة ، موجودة أيضا فى خلايا بسيطة متخمرة وفى خلايا خضراء قادرة على القيام بمجموعة من تفاعلات كيمائية لتكوين السكريات بالنهار وهضمها بالليل ، بجانب التعديلات الأكثر نقاء التى تمتلكها بفردتها المخلوقات المتنفسة مثلنا .

وذلك حاليا جزء من المعلومات المسلم بها . ولكن اذا أظهرت نفس هذه الانزيمات والمركبات الوسيطة لعملية هدم وبناء الوقود الموجودة في خلايا النبات الحي (وفي المخلوقات الأولية تماما كذلك) ، وكذلك أجزاء من التركيب الآلى للحياة الخاص بنا ، أظهرت هذا التناسق للطاقة البيولوجية ، فالاعتبار المقبول الظاهر على الأقل ، أن عملية «تروس التعشيق» التى تقوم بواسطتها طاقة الضوء بانعاش خلايا النباتات الحية قد لا يقتصر على هذه الأنواع من الخلايا فقط . وقد لا يتطلب الأمر تعديلات بيولوجية كثيرة لاتاج كائنات قادرة على اعطاء ضوء من أجل سلامة تلك التى تعرف أنها قادرة على استيعابه . وأنا لا أدفع الأمر ، أكثر من لفت النظر الى وجود جزيئات مستثارة في عمليات الاستضاءة البيولوجية .

وحاليا ، تماما كما في الجدول الدراسى الخاص بتلاميذ المدارس تكون دراسة الضوء (بجانب الحرارة والصوت) جزءا من الفيزيكا وكذلك أيضا دراسة الكهرباء ، ولذلك دعنى لفترة بسيطة ألقت النظر الى الرعاد (١) .

وهذه السمكة ، ناقلة الكهرباء ، كما نعرفها ، ليست في الواقع ثعبان ماء على الاطلاق ، ولكن لها صلة قرابة بالشبوط (٢) . وتماما كما أن الزرافة حيوان عادى ولكن لها رقبة طويلة جدا ، والحوت أو الدفيل أو كلب البحر حيوان ثديى نموذجى ولكن له مقدرة فامية بصورة خاصة للحياة في الماء ، فكذلك الرعاد عضو من العائلة الحيوانية ، الأوستاريوفيزى ، الذى تصادف أنه نمى القابلية لتوليد الكهرباء بقوة أكبر من القرش والشبوط ، وهما ينتميان لنفس العائلة .

والعضو الكهربائى في الرعاد ليس حدثا معجزا . فهو مجرد تكيف في العضلات المرضية للذيل . وهذه العضلات المكيفة تكون على هيئة اسطوانات ممتدة بالطول تتكون كل منها من عدد كبير جدا من « الرقائق الكهربية » بحيث ، عندما تتجمع الشحنات كلها سويا ثم تفرغ كلها في وقت واحد بواسطة الأفرع المدينة للأعصاب الشوكية التى تقوم بخدومتها ، تكون الصدمة جسيمة الى حد كبير . خاصة اذا قابل الانسان سمكة طولها ثمانية أو تسعة أقدام في مستنقعات البرازيل .

(١) ثعبان الماء الكهربائى .

(٢) نوع من السمك (المترجم) .

والنقطة التي أود أن أثيرها هي وجود خلية حية أخرى ، لا تختلف أساسا عن كثير غيرها ، ولكن تظهر فيها الطاقة البيولوجية ، محصلة سلسلة التفاعلات البيوكيميائية المتصلة التي ناقشناها قبل ذلك ، ليس على هيئة حركة أو حرارة ، بل على هيئة كهرباء .

وفي كل الصور الراقية للخليقة تمر الحياة بالطاقة الفيزيكية التي تنمي بواسطة العضلات . ويبدو ذلك واضحا يمشي الانسان ويجرى ويقفز ويحرك يديه . ونحن نتكلم هنا عن الشخص الحيوى ، وهو الذى يكون دائما فى حركة نشيطة . ولكن حتى عندما نكون ساكنين ، فهناك عضلات تحرك رئيتنا باستمرار . فالرجل الجالس على كرسي يحتفظ بقدر معين من الشد على عضلاته . فاذا ضرب بالرصاص فى رأسه وقتل سينكفى جسده الى الأرض . وأكثر الصفات المميزة للحياة هي ضربات القلب القوية المستمرة .

ودراسة نبض القلب جزء من العلم البيولوجى . والطريق الذى يسلكه وقود الجلوكوز فى اعطاء طاقته ليحفظ القلب مستمرا عبارة عن سلسلة من التفاعلات الكيميائية . أم هل يجب الآن أن ندعى أن العملية كلها تنتمى الى علم الطبيعة ؟

وقد لاحظ لويجي جلفانى فى عام ١٧٨٦ أن أرجل الضفادع يمكن أن نجعلها تقوم بعملية الركل حتى بعد بترها عن باقى الحيوان ، بواسطة تيار من الكهرباء . وأظهر ذلك لأول مرة أن هناك بعض العلاقة بين الكهرباء والنشاط العضلى . وبدأت العلاقة على أنها من نوع أساسى عندما اكتشف فى عام ١٧٨٦ أنه فى كل مرة ينبض القلب ينتج تغير مقابل فى الجهد الكهربى ، يمكن قياسه . والفهم الحالى للموقف يكون هكذا . تحاط كل خلية من خلايا عضلات القلب فى حالة السكون بما يمتد أنه غشاء مستقطب ذو شحنات كهربائية سالبة من الداخل وكمية مساوية من الكهربية الموجبة الخارج . ولأن هذه الشحنات فى حالة توازن ، فأى تيار لن يسرى اذا وصلت الأقطاب الكهربائية المناسبة لآلة تسجيل ملائمة ، كل قطب على أحد جانبي الخلية . وخلايا عضلات القلب مع ذلك لا تكون أبدا فى حالة سكون لأكثر من برهة . وعندما تبدأ فى العمل ، فإن الفسيولوجى (الذى لا يعرف كيف مهد للنشاط) يصف الخلايا بأنها أصبحت منشطة . وما قد يعنيه ذلك (وسأحاول أن أتمتع فى الموضوع أكثر من هذا فيما بعد) هو أن

التوازن الكهربى يضطرب ، فيزال استقطاب جزء مما يدعى الغشاء ، وتسبب زيادة من الكهرباء جهدا عبر آلة التسجيل •

والآلة المستخدمة لتسجيل دفعات القلب الكهربائية تدعى الكارديوجراف^(١) وهى عادة ما تحتوى على جهاز لقياس ما يحدث على شريط من ورق حساس • فعندما تسرى الشحنة الكهربائية من خلية عضلة القلب المستقطبة يرتفع الخط على مرسمة الألكتروليتوجراف • وسريعا ، مع ذلك ، يتوقف سريان الكهرباء ، اذ يزال استقطاب خلية العضلة تماما ، وينخفض الخط على المرسمة بالتالى • وفى نفس الوقت تبدأ الخلية فى استخدام العملية البيوكيميائية التى ناقشناها سابقا : أى ، يدفع الجلوكوز ، الوقود السكرى الذى هو مصدر طاقتها الى اطلاق هذه الطاقة بواسطة سلسلة التفاعلات المتصلة • وعندما يعاد استقطاب ما يدعى بغشاء الخلية ينخفض الخط المرسوم سابقا بواسطة الكارديوجراف ، ثم عندما تصل الخلية المشحونة تماما الى حالة التوازن الكهربى ، يعود الى المستوى الذى كان عنده ، عندما بدأت دورة الأحداث أول الأمر •

والسلوك الكهربى لعضلة القلب النابضة بانتظام واستمرار ، متماسك لدرجة أن الخط الذى ترسمه الشحنات الكهربائية على مرسمة الألكتروليتوجراف يعطى الطيب صورة مضبوطة ومنفصلة عما تفعله •

وعندما يبدأ الانسان فى فحص الناحية الفيزيائية يتضح، كما أن هناك خصائص ضوئية لواحد وأربعين فصيلة من المخلوقات القادرة على بث الضوء ، فإن كل أنواع الخلايا معتادة على بث الكهرباء • وما عدا خلايا العضلات ، الموزعة تماما فى كل مكان ، تعتمد خلايا الأعصاب أيضا فيما يختص بنشاطها ، على الدفعات الكهربائية التى تتبناها • وتكون الخلية العصبية عادة من مقطع اسطوانى طويل تماما ، مصنوع من نوع من الهلام اللين ومحاط بغلاف • والمعتقد أن المقطع الاسطوانى المركزى محاط بغشاء مستقطب • ومهما كان أصل هذا الغشاء ، فهناك شحنة كهربية موجبة بالخارج وشحنة كهربية سالبة من الداخل • واذا

استخدمت الأجهزة المناسبة عند تقط مختلفة على طول نسيج العصب فانه يمكن تسجيل مسار الشحنة الكهربائية المارة عبره .

ولا يجب أن يظن أن العصب يماثل سلكا كهربيا أكثر مما يماثل ذيل اليراع القاتل الأحمر الساخن لشعلة المصباح الكهربائي . فقد يكون هناك كثير من علم الفيزيكا في العلوم البيولوجية - كما أحاول أن أبرهن - ولكن الفيزيكا الحيوية لها صفاتها المميزة الخاصة كما للكيمياء الحيوية تماما . فالجهد الكهربى الذى يسرى عبر العصب وينقل اشارته لا يتحرك بما يماثل سرعة الكهرباء المارة عبر أسلاك التليفون . وفى الواقع فالطريقة التى ينقل بها نسيج العصب دفعه تشابه كثيرا الطريقة التى تمر بها النار خلال مجرى البارود فى بندقية . وهذه بالطبع ، هى الطريقة البيولوجية المطبقة فى الفيزيكا ، ويبدو أنها ، تماما كما فى الكيمياء - لو كانت الائتتان ، فى الواقع ، مختلفتين كثيرا . فنحن نحصل على الطاقة سريعا من السكر لكن ، كما بينت سابقا ، ليست العملية احتراقا أوليا . ففى ، بدلا عن ذلك ، بمثابة تسلسل ، أو تسوج ، لتغيرات كيميائية جزءا بجزء . وبالمثل ، فبالنسبة للانتقال الكهربى للرسالات عبر العصب : ليست العملية وميض أولى عبر سلك نحاس ، ولكنها اجتياز مرتب ، يأخذ مجراه كما لو كان ، يدا بيد على طول النسيج . ويستتبع من ذلك أن أنسجة العصب الكبيرة تنقل الدفعات الكهربائية أسرع من الأنسجة الصغيرة .

والعقل يعرض أكبر مثال مذهش للألكترونيات البيولوجية . فالعقل هو أكثر جزء محكم الصنع فى الجهاز العصبى ، وليس من المدهش ، لذلك ، أن الطنين والدوى لخلايا العصب الناشطة بصفة مستمرة ، تجدهما ظاهرين فى الشحنات الكهربائية المنبعثة منهما . وما يكون مدهشا ، ربما ، أنه يمكن الحصول على البيانات المفيدة عن نشاط العقل باتباع تكتيك غير دقيق كاستخدام أقطاب تسجيل كهربى على الجزء الخارجى لفروة الرأس ، التى هى نفسها ، بالطبع ، خارج الصندوق القوى السميك ، المقل ، وهو الجسم . ولكن التغيرات فى الجهد الكهربائى للعقل واضحة لدرجة أن الموجات المتلاصقة المترتبة يمكن التعرف عليها عند توصيل الأقطاب الكهربائية الموضوعة على فروة الرأس عن طريق صمام

مكبر الى راسم الذبذبات الكهربائية^(١) . فخلال المخ لرجل مغلق عينيه تسبب اتزافا كهربائيا منتظما . وعندما يفتح الرجل عينيه وتبدأ الأعصاب البصرية في اصدار تشكيلة الرسائل المعقدة التي تفسر في العقل على هيئة صور ملثثة ، يتبدل السياق المنتظم للتغيرات في الجهد الكهربائي ، وتظهر مجموعة من الموجات الصغيرة ، السريعة . ولكن اذا أغلق الرجل عينيه ثانية بعد فتحها وقراءة فاتورة مثلا ، وضعها في يده سفرجى ، ثم بدلا من أن يسترجع حالة الاسترخاء يبدأ في جمع المفردات في رأسه فستظهر نفس مجموعة الموجات على جهاز رسم المخ الكهربائي^(٢) ، عند تسجيل الشحنات الكهربائية للعقل . وسيكون لدى الكثير لأقوله عن ذلك فيما بعد في الفصل السابع من هذا الكتاب .

وأريد الآن أن أعود ثانية الى البداية وأأمل مرة أخرى أى نوع من الأشياء تكون الطاقة البيولوجية - أى أكثر الصفات المميزة الأساسية للحياة الخاصة بالحيوانات العليا - وبالتحديد ، الحركة . وكبداية ، قد يؤخذ علم الأحياء ليبدأ بالتشريح المقارن أو بعلم الحيوان المقارن . فاذا نظرنا اليه بهذه الكيفية ، نستطيع مقارنة حركة حصان مثلا ، مع حركة كلب - وهما الحيوانان اللذان في استطاعتهما الجرى لمسافات طويلة - أو نرجع الى حيوان مثل قط ، أو نقارن التركيب العضلى لأرنب أليف مع أرنب برى . ويمكن الأخذ بوجود اختلافات أساسية أكثر بين الترتيبات العضلية للمخلوق الثابت الحرارة كالكلب السلوقي والمخلوق المتغير الحرارة كالضفدعة . ولكن بالرغم من أن التشريعات الاجمالية لهذه الحيوانات تختلف في وجهات معينة ، فالتشابه الأساسى فى النظام الآلى الذى تقوم بواسطته عضلاتها باستعمال الطاقة لاتتاج حركة ملحوظ جدا .

وأحد أجزاء هذه العملية هى مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية يؤدى أحدها الى الذى يليه ، والتي أشرت اليها قبل ذلك أكثر من مرة . ولكن هذا النظام يضاهى النار الموجودة فى موقد آلة السكة الحديد . اذ ينتج الفحم المحترق طاقة حرارية ، بالتأكيد ، ولكن لا بد من وجود نظام مركب من أنابيب المرجل ،

Oscillograph (١)

Encephalogram (٢)

والاسطوانات والمكابس اذا كان على الآله أن تسير . وقد ناقشنا أساسا حتى الآن ، في تمبيرات بيولوجية ، كيف تحترق النار — أى دورة التخمر ، ودورة كريس . وهلم جرا .

والحلقة الأساسية التى تتصل بواسطتها هذه الأنظمة من الكيمياء البيولوجية بالكائنات الحية لتواصل حياتها — فالحركة تكون غالبا مترادفة مع الحياة نفسها هى أدينوسين ثالث الفوسفات الذى أشرت اليه قبل ذلك . ولهذا المركب كما يدل اسمه ثلاث مجموعات من الفوسفات متصلة به ، وترتبط الأخيرة منها بالتى تجارها بواسطة ذرة أوكسجين . ويكتب الاتصال يانيا ، بالمصطلحات الكيميائية كالآتى ، ف — أ — ف (ف لذرات الفوسفور ، أ للأكسجين الموجود بينها) . ولكن يبدو كما لو أن الفوسفات الأخير المتصل بهذه الكيفية قد وضع فوق زنبرك صلب . وأن الزنبرك قد التوى عند تثبيته . ولهذا عندما ينفصل الفوسفات ، فهو ، كما لو أنه ، يقفز دائرا مع كمية الشد المنطلقة من الزنبرك الملتوى ويكسب جزيئة المجاور دفعة حادة من الطاقة .

واليوم نعرف تماما أن جزءا أساسيا من العمل الكيميائى الذى يقوم به نظام امبدن هايرهوف بارناس للتخمر ، الذى تعيش بواسطته الكائنات الأولية الدقيقة ، وأنظمة مماثلة فى عضلاتنا نحن الحيوانات العليا ، هو « تصفية » الشد المثبت بواسطته مجموعة الفوسفات الأخيرة فى جزيء الأدينوسين ثالث فوسفات . والكيميائى الحيوى العادى المجد ، لديه تحت تصرفه طرق تحليلية يمكن له بواسطتها التعرف على جزيء الأدينوسين ثالث الفوسفات المصفى ، الملىء بالطاقة كما يمكنه أيضا قياس جزيء الأدينوسين ثانى الفوسفات ، وهو ما يتخلف مؤخرا بعد أن ينفصم بعيدا الفوسفات الأخير ويفرغ طاقته .

وقد قام البرتزنز جيورجى بعمل تجربة مذهلة لاثبات هذه الطريقة واقعا . فأخذ قطعة صغيرة من عضلة أرنب ، كانت قد حفظت بالفعل فى الثلجة لبضعة أيام ، وعلقها فى محلول بسيط فى المعمل ، ثم أضاف الى المحلول كمية صغيرة من

الأدينوسين ثالث الفوسفات المنتقى • فنقلصت على التو قطعة العضلة بكامل القوة التي كان يمكن أن تبذلها في الحياة ؛ ثم أظهر التحليل الذي تلا ذلك أن الفوسفات الأخير للأدينوسين ثالث الفوسفات قد انقسم في العملية وتخلف أدينوسين ثاني الفوسفات فقط • والنقطة الهامة والمدهشة هي ، ما الذي جعل سلسلة من تغيرات كيميائية ماضية يهدوء ، متدرجة جميعها ومركبة احدها في التالي تنتقل فجأة من الكيمياء الى الفيزيكا ؟ فإذا كانت العضلة بدلا من أن تعلق في أنبوبة اختبار في معمل زنت جيورجي ، كانت في ساق القرد الذي يتسلق الجبل العديم الوزن المدلى فوق البكرة الملساء ، لكان القرد قد تحرك أعلى الجبل ، واضطرب التوازن ، وتحولت مشكلة بيولوجية الى نطاق الديناميكا •

والى هنا فصل الى حد حقيقى لعلم الأحياء ، والحد بين الأحياء والكيمياء قد تأسس جيدا واستكشف تماما • وقد ناقشناه ببعض التطويل في الفصل الرابع من الكتاب • ولكن الآن ، بالطريقة التي تمضى بها الأمور في العلم ، فالتقدم السريع في امتداد الفهم الكيميائى للأحياء قد تباطأ للدرجة ما ، ويبدو كما لو أن الادراك الأساسى الجديد بالفعل عن كيف تعمل الحياة قد يأتى عن طريق الفيزيكا • أو لاقرار قص الأمر بطريقة مختلفة ، فعلم الأحياء وقد مر خلال مراحل عديدة ، باهتمامه أولا بالحيوانات والنباتات كمجموعة ؛ ثم تحول الى دراسة التركيب الميكروسكوبى الدقيق للكائنات الحية ، ثم الى بحث في التغيرات الكيميائية التي تحدث تحت سطح الخلية الحية ، قد انتقل الآن الى الاهتمام بما يحدث على المستوى الجزيئى والذرى - حقا ، ألا نسلم بأن البيولوجيا هذه الأيام ، تصبح بالفعل فرعا من الفيزيكا •

وبعد زنت جيورجي أكثر من عمل لتخطيط هذه الطريقة الجديدة للتفكير التي ، قد تأتي منها قفرتا التالية للأمام في الادراك والفكر الجديد بسيط وواضح حالما تبين • فقد أوضحت أبحاث الخمسين أو الستين عاما الأخيرة دورات التغير

الكيميائي التي تعمل في الاحياء . فيمر تموج بسيط من «الطاقة» عبر قائمة المواد المتلاصقة . وتغير كل مادة الترتيبات النسبية للرباطات التي تتصل بواسطتها ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين . وغالبا ، تحدث التفاعلات بسهولة . وانه فقط عندما يحدث ترتيب ما خاص يتحول هذا الخفقان السلس للطاقة الكيميائية الى صورتها من الطاقة الفيزيكية العنيفة ، فتتقلص عضلة ويلكم شرطى في الأنف ، أو يعطى الرعاد صدمة لشخص ما . أو تخفق دودة الليل بنورها . وذلك معناه أن كمية الطاقة الكيميائية التي تبدأ في احداث التموج البسيط والتي ، على سبيل المثال ، تسمح للوقود البيولوجى الشائع ، وهو الجلوكوز ، أن يصبح بالتالى فوسفات الجلوكوز ، ثم فركتوز الفوسفات ، ثم فركتوز ثانى الفوسفات ، وهلم جرا قد يشار اليها عند كل مرحلة متاخمة بالحرف E . ويحدث عندئذ في سياق التفاعلات الكيميائية السلسلة التشابك أن يحين الوقت لاستخدام هذا القدر من الطاقة E في رفع زناد المسدس البيولوجى - أى ، في لى الطرف المتوتر لفوسفات الأدينوسين ثالث الفوسفات . ويمثل ذلك شيئا مختلفا في فاعلية النشاط البيولوجى . وقد اقترح زنت جيورجى أنه بدلا من أن تكتب على هيئة E ، يجب أن يشار اليها بالحرف « E* » . وقد قارن هذه العملية في البيولوجيا بالعملية المماثلة في الطبيعة النووية التى تتجمع بواسطتها طاقة الوضع للمكونات المشعة لقنبلة ذرية . فالطاقة موجودة كلها في المكونات ، ولكنها ذات أهمية حرية بسيطة الى أن تتجمع مع بعضها وتصور القنبلة «حرجة» - أعنى ، الى أن تتحول الأهمية الكيميائية لأملاح اليورانيوم الى أهمية خاصة بالجهد وهو ما يعد فيزيقيا بالتأكيد .

وأحسن ما نستطيع أن نقوله في كلمات عن الطاقة المنشطة « E* » ، أنها تقل على نوع من الاثارة الجزئية ، قد يكون الكترونيا ، ذبذبا ، أو دورانيا . ولكن حالما يتضح هذا التصور يمكننا أن نرى على الفور أنه لا شيء مستحيل بالنسبة لها . وقد أشرت قبل ذلك الى الحلقات المتماثلة غالبا من التفاعلات

البيوكيميائية التى تنطلق بواسطتها طاقة فى جانب (فى دورات التخمر والتنفس) ، وتكتسب فى الجانب الآخر فى النباتات الخضراء بواسطة التمثيل الضوئى • ولكن نفس هذه العملية للتمثيل الضوئى ، التى تعتمد عليها معظم دنيا المخلوقات البيولوجية برمتها ، تعد مثالا رائعا لتحويل الطاقة الفيزيائية الى اثارات الكترونية ومن ثم الى الحالة الأهدأ والأكثر طواعية من الطاقة الكيميائية الكامنة • فالاشعاع الشمسى ، المشتق من النشاط النووى على الشمس يؤسر بادىء ذى بدء بواسطة الاصباغ ، خصوصا بالمادة الملونة الخضراء ، الكلوروميل فى الأوراق • وأنه لفى هذه المواد الملونة تصبح الطاقة الفيزيائية للشمس اثارا كيميائية وهو ما عبر عنه زنت جيورجى بالرمز « E^* » ، والذي يصبح مستقرا بعدئذ على هيئة « E » ويجعل المجموعة الطويلة من الأنظمة البيوكيميائية مستمرة •

وواضح أن ذلك هو الحد الذى يكاد العلم البيولوجى أن يعبره • ولا يمكن أن يمضى وقت طويل حتى نستوعب العمليات الفيزيائية التى عن طريقها تلتقط فوتونات الضوء من الشمس بواسطة جزيئات الكلوروفيل حيث يمكن ايجادها على هيئة « E^* » وبالمثل ، فنحن على وشك ادراك الطريقة التى يمكن بها عند المرحلة المناسبة من سلسلة التغيرات المعروفة نوعا ما الآن ، أن « تثير » الطاقة الكيميائية المخترنة فى سكون والموضوعة على هيئة جليكولين فى أكبادنا — أو دهن هنا وهناك على أشخاصنا — الى الحالة « E^* » لدرجة حدوث بعض المجهود الفيزيقي ، كالتفريغ الكهربائى من خلايا المخ (أو الرعادات ، أو القلوب) أو — أهمها كلها — النشاط العضلى •

الفصل السادس

النشوء - في الأحياء وغير الأحياء

نشر شارلز داروين في عام ١٨٥٩ « أصل الأنواع » فأحدث تغييرا في طبيعة التفكير في العلم . ولم يقتصر هذا التغيير في وجهة النظر على الأحياء فقط ، التي كان داروين نفسه مهتما بها ، بل تناول علمي الكيمياء والفيزياء على حد سواء وكان موضوع داروين الأساسي أن أنواع المخلوقات الحية - أى الحيوانات والنباتات - لم تكن ثابتة ، بل كانت تتغير بعملية تطور . وكان أكبر سند له تلك الكمية الضخمة من الشواهد التي أوضحت أن التحول لا بد أن يكون قد حدث . وقد جمع بنفسه كثيرا من هذه الشواهد خلال رحلة السنوات الخمس التي أمضاها باحثا في أمور الطبيعة في السفينة بيجل . واقترح بعد ذلك النظام الذي يمكن أن يكون التطور قد حدث بواسطته - وهو على وجه التحديد ، الانتقاء الطبيعي .

وقد وسع داروين بنفسه فكرة التطور لتشمل نشوء الانسان من أسلاف أكثر بدائية لها شكل القرد ، وكذلك تطور العقل والسلوك ، والتركيب الجسدي ووظائف الأعضاء أيضا . وقد امتدت نفس الفكرة الآن الى غير المجالات البيولوجية . ففى الفيزياء - اذا أمكن لنا أن نسمح لهذا العلم الأساسي أن يكون بمثابة الأب لعلم الفلك الحديث - هناك حركة تطويرية في تكوين العناصر الكيميائية ، في خلق النجوم ، وفي تاريخ « حياتها » التدريجي وانحلالها « وفنائها » المنتظر . ومن ناحية أخرى طبقت الآراء التطورية على مواضيع انسانية كعلم اللغات والأثروبولوجيا (١) الاجتماعية وحتى على

(المترجم) .

(١) علم التاريخ الطبيعى للأجناس البشرية

اتقانون المقارن والدين • وحيث أن تحديد العلوم المنفصلة عن بعضها ، كما رأينا قبل ذلك ، يمد على الأقل مسألة اختيارية نوعا ، فحدود الفصل بينها ترتبط بالتغير ، أو ربما قد تصبح مبهمة أو تلالشي ، عندما تتطور الأفكار والمعلومات — وكذلك عندما تتطور تفوسنا ومقدراتنا الذهنية والثقافية •

والفكرة العامة للتطور — أى ، أن تكون الأشياء معرضة لنظام من التغير المرتب — تعد جديدة تماما فى صورتها الحالية • ويرجع تاريخها كما قلت ، الى عام ١٨٥٩ ، وقد تعرض ظهورها لمقاومة قوية وعنيفة • فكانت هناك المناسبة المشهورة فى اجتماع الجمعية البريطانية بأكسفورد عام ١٨٦٠ ، والتي لا أبدى أى أسف فى تكرارها اليوم • فقد قام ت • ه • هكسلى بقراءة بحث من متضمنات استنتاج داروين • وقد أوضح أنه اذا ظهر فى أى مجتمع من المخلوقات بعض منها حائزا لصفات لاعمته بصورة أفضل للتشى مع الظروف المحيطة به ، فستحل هذه الحيوانات (أو النباتات) تدريجيا محل الأخرى التي لا تمتلك المقدرات الجديدة النافعة وهذه القدرات أو الصفات الخاصة — ولم يحاول داروين فى ذلك الوقت أن يمضى الى نهاية الشوط فى التمعن فى كيفية نشوءها — يمكن أن تكون مثلا متقارا مناسباً بصفة خاصة لظروف التغذية فى احدى جزر مجموعة الجلاباجوس حيث يسمح للطائر الذى يمتلك مثل هذا المنقار أن يحل محل الآخرين — أو قد تكون طفرة فجائية لعقل يمتلك قوى تحليل تفوق مجال الأفراد الآخرين فى نفس المجتمع •

وعندما جلس هكسلى أخذ مكانه الدكتور صامويل ويلبر فورس ، أسقف اكسفورد ، الذى بدون أن يهتم بمناقشة حجة التطور البيولوجى التي كونت مادة بحث هكسلى ، استخدم فقط مهاراته الخطائية وهىة منصبه كأسقف فى السخرية من الفكرة بأكملها • ثم اختتم بأن سأل هكسلى ما اذا كان يدعى التسلسل عن قرد قد أتاه عن طريق جده أم عن طريق جدته •

وكانت الغرفة مزدحمة ومتوترة عندما قام هكسلى بالرد • وكان مضمون كلماته هو • « اذا سئلت أى الأمرين أختار ، أن أتسلسل عن الحيوان المسكين ، ذى الذكاء المتواضع وهىة المشى الخائنة ، الذى يكلج ويرتجف عندما نمر ، أو عن الرجل المنعم عليه بمهارة فائقة ومركز عظيم ، الذى يجب أن

يستخدم هذه الهبات في تكذيب وسحق الباحثين عن الحقيقة ، لترددت بما أجيب » .

وأثار هذا الرد ، الذى كان فى نفس الوقت يحمى حق العالم فى اتباع حجته أيضا قد تؤدي ، معضدا منطق داروين الذى لا يدحض والذى أظهر بوضوح وجود عملية تطور فعالة ، ومتحديا أيضا شخصا رفيع الشأن كاسقف انجليكاني فى رأيه الخاص ، أثار هذا شعورا جسيما . بالفعل ، فقد غشى على إحدى السيدات فى المنصة والأهم من ذلك بالنسبة لعصرنا الحالى ، مهما كان ، أن الواقعة ثبتت بطريقة روائية ، الأفكار الجديدة للتغير والنشوء فى الأشياء الخاصة عنا والتي تقابلها فى العلم ، والتي فى أنفسنا كذلك وهى ما تمعد أيضا جزءا من النظام التطورى .

وأنا لا أريد أن أوجه الرأى الى أن الناس فى القاعة الكبيرة الذين استمعوا للنقاش بين هكسلى وولبر فورس - والذين وافق معظمهم مع ولبر فورس - كانوا أكثر غباء منا بأى درجة ، أو ، للتعبير عن نفس الفكرة بطريقة أخرى ، أننا اليوم لسنا أمهر بأى درجة من أسلافنا منذ مائة سنة . وحقا أننا نعرف أكثر ، لأنه كانت هناك مائة عام خصية جدا بالأشياء الجديدة المستكشفة خلالها . ولكن ذلك لا يعنى القول أننا أكثر استعدادا بدرجة كبيرة لقبول الأفكار الجديدة عما كان عليه أجدادنا القدماء ومع ذلك قد تكون هذه هى بالضبط الوجهة الفكرية التى قد نحتاج فوق كل شئ لأن نسلم بها .

ويبدو أن فكرة التغير التطورى ، تنطبق على نواح ثلاثة فى الكون . فاولا ، هناك اكتشافات داروين واكتشافات والاس ، وهو الذى أوصلته أفكاره الى نفس الاستنتاجات فى نفس الوقت كداروين ، والذى نشر بالاشتراك مع داروين البحث الذى شرح فيه النظرية الجديدة . وتطبق فكرة التطور هذه على علم الأحياء . فهى فى صورتها القديمة قد أشارت الى التحولات والتغيرات التى حدثت فى الأشكال النباتية والحيوانية . والحجة التى جمعت لتعزيد فكرة التطور ، والتي سنناقشها بتفصيل أكثر فيما بعد ، تتضمن التغيرات التى يمكن ملاحظة أنها حدثت فى الصور الحية للتركيبات البيولوجية التى نستطيع أن نراها فيما حولنا ، كما تستخدم أيضا كشواهد ، النتائج المستخلصة من

صور خفريات الحياة البدائية منذ أمد طويل والموجودة في الصخور • أعنى أن دليل داروين على التطور مستقى تماما من علم الأحياء • ولكن كما ناقشنا قبل ذلك في الفصل الرابع الكتاب ، هناك سبب قوى لتسليم بأن الأحياء كيمياء في نواحيها ، على الأقل • فهل ، لذلك ، ينطبق التطور بفكرته الأساسية لبقاء الأصلح على الكيمياء مثل الأحياء ؟ وكما سأحاول أن أترجح بعد لحظة ، فهو ينطبق بدون شك على الكيمياء الحيوية ، ولذلك ، يصبح من الصعب منطقيا ألا يكون له ارتباط بالكيمياء أيضا •

ودعنا نتأمل للحظة ماذا حدث لفكرة التطور الداروينية نفسها • فبالطريقة التي أوضحها داروين ووالاس كان التطور عملية ، تقول بأنه إذا ما حدث بواسطتها بعض التغير بالصدفة في تركيب أو سلوك فصيلة حيوان أو نبات — أعنى ، إذا ما حدث ما يسمى بالنشوء أو التحول الفجائي الملائم — وكان هذا التغير مساعدا على بقاء المخلوق ، فإن هذه المخلوقات التي حدث لها هذا التحول الفجائي ، تحل محل الأخرى التي ظلت كما هي • وثمة مثال واضح فعلى لهذه القاعدة قد عرض بواسطة عدد لا بأس به من أصناف السوس في بريطانيا وأوروبا الغربية • فعند وقت ليس ببعيد كانت أغلب هذه الأصناف باهتة اللون • وكانت هناك في بعض الأحيان أنواع قليلة داكنة اللون ، ولكنها كانت أقل صلاحية في تجنبها لأعداءها لأنها كانت تبدو ظاهرة عند تسلقها لجذوع الأشجار الباهتة اللون عموما التي تعيش عليها • ومنذ ذلك الوقت ، على أى حال ، تغيرت البيئة • فأصبحت أوروبا الغربية بلادا تصنعية ، وجذوع الأشجار الآن داكنة اللون غالبا • وبالتالي ، أصبح السوس الباهت اللون هو الأقل ملائمة للظروف المحيطة به ويمكن أن تراه الطيور بسهولة أكبر وتأكله • وحلت اليوم الأشكال السوداء الداكنة محل الباهتة اللون ، وعاشت لأنها أصلح •

وقد يكون مما يستوجب الاهتمام أن تتوقف لحظة لتوضح سوء فهم محتمل • فعندما تجد السوسة الفاتحة اللون أنها تقتنص باستمرار بواسطة الطيور لا يمكنها أن تقول لنفسها « ان من الأحسن لى أن أتحوّل سوداء — بافتراض أن لديها من الذكاء ما تعرف به ماذا يحدث وهو ما لا تملكه طبعاً » • وبالمثل ، فإذا بدأت الزرافة تكتشف أن معظم الأوراق الغضة تنمو دائما على

قم أشجار أكبر من أن تصل إليها ، فهي لا تستطيع أن تنمى رقبتها بمطها باستمرار . وترى فقط عملية أسس النشوء أن الزراف المولود يرقاب طويلة بصورة خاصة سيوجد في بيئة حيث تعد الرقاب الطويلة ذات قيمة بقاء بالنسبة له - أعنى ، حيث تنمو وفرة من الطعام الجيد على الأشجار الطويلة . وهناك جانب آخر لهذا بالمثل . فإذا أظهر التحول القجائى حيوانا عنده متوسط فرصة بقاء نصف بالمائة فقط أعلى من بقية المخلوقات التى انحدر عنها ، فسيحل محل النوع الأصلي في فترة بيولوجية قصيرة على هيئة الصورة المعادية لجملة المخلوقات .

وقد تأيدت فكرة التطور في الأحياء ، كما قلت ، تقريبا منذ الوقت الذى نشر فيه داروين ودالاس بحثهما الأصلي في عام ١٨٥٩ . ومنذ ذلك الوقت حتى الآن حدث تغير أساسى في تصور كيفية نمو الأنواع في التركيب والمقدرة . ففي عام ١٨٦٥ نشر جريجور مندل ، وكيل المدرسة العليا في برنو ، الموجوده حاليا بتشيكوسلوفاكيا ، بحثا في جريدة نباتية مغمورة . واحتوى ذلك على بيان عن عمله التجريبي في تنمية الباذلاء . فقد اكتشف أنه عندما يتوالف اثنان من نباتات الباذلاء لا تكون الخواص المميزة للسلالة مجرد خليط من الصفات الموجودة في الوالدين بل ، على العكس ، قد تمتلك بعض الذرية خاصية أو أخرى من خواص الوالدين بنسبة حسابية منتظمة تماما . وكمثال ، دعنا نتأمل ما اكتشفه مندل عندما تخصب زهرة باذلاء ذات بذور ملساء بواسطة حبوب لقاح من باذلاء مجمدة البذور . ففي المحصول الأول كان هجين الباذلاء كله ذا بذور ملساء . ولكن عندما توالفت هذه الباذلاء الملساء البذور على بعضها ، كان ثلاثة أرباع المحصول في هذه المرة أملسا والربع مجمدا . وعندما توالفت هذه الباذلاء المجمدة مع بعضها ، كانت السلالة كلها مجمدة ، ولكن عندما لقح الجيل الثانى من الباذلاء الملساء نفسه ، كانت بعض البذور المنتجة مجمدة والبعض ملساء . وفي الحقيقة ، وجد أن في كل جيل يعود أحد الأرباع الى أحد الأشكال الاصلية وربع آخر الى الشكل الآخر ، أما النصف المتبقى ، فهو ، بينما يتشابه في مظهره مع أحد والديه ، سرعان ما يكشف نفسه بمظهره الوراثى على أنه هجين مولد . وما أظهره مندل هو أن توارث صفات معينة يضى بواسطة عامل من نوع معين ينتقل كوحدة من أب الى ذرية . فالأفراد ،

لذلك ، ليست توليفات من الصفات المميزة لآبائها بل ألقاها معقدة مكونة من اتحادات وتبادلات لوحدة الأجزاء أسلمتها كمورثات في الصبغات (١) الموجودة في البويضة والمنى التي اشتق عن تزاوجها كل فرد منا .

ويجب أن نذكر بالمناسبة أن تجارب مندل المدهشة والنتائج الجديدة - والصحيحة تماما - التي استخلصها منها قد أغفلت تماما لمدة خمسة وثلاثين عاما . وعندما أعيد اكتشافها في عام ١٩٠٠ بواسطة البيولوجي النمساوي فون تشيرماك تعجب الناس لأن هاو أمكنه أن يحقق تقدما جوهريا وهاما بهذه الدرجة في التفكير البيولوجي . والسبب في كيفية استطاعته تحقيق ذلك يبدو لأنه كان خيرا بالتفكير الجديد في مجالين بيولوجيين ، وهما ، تهجين النباتات وتنمية الباذلاء .

وكان معتقدا في الأيام الأولى لبحث مندل أنه قد ينطبق فقط على الصفات المميزة الكبيرة أو البارزة كالملق (٢) ، حمرة أو زرقة الأزهار ، الجلاحة (٣) في الماشية ، شكل العرف في الديكة ، أو النماذج الملونة في جرذان المعامل . وسرعان ما ظهر ، مع ذلك ، أن عوامل مندل كانت أيضا مسئولة عن نقل الفروق البسيطة والمسماة بالتغيرات المستمرة التي لا يمكن وضع حد فاصل فيها بين الخواص المختبرة - كأن يكون الإنسان قصيرا ، أو متوسط القامة ، أو معتدل الطول ، أو طويلا ، أو طويلا جدا ؛ أو ذا شعر بني اللون ، أو أسمر نحاسي ، أو رملي ، أو أحمر .

ويبرز عدد من المدلولات الجديدة عن الأفكار المنتشرة حديثا التي استخلصها مندل عند تطبيقها على النشوء الدارويني . تخيل قوما من الناس مستقرين في بيئة مستقرة . ويمتلك كل جيل من المخلوقات خواص مميزة مشتقة من مختلف أشكال وألوان الجينات (المورثات) - قد يكون تربيها معاد في نماذج مختلفة ولكنها نفس الجينات مع ذلك . ثم يحدث تغير ، بالصدفة ، كما يبدو . وتبع طفرة جديدة ، لنفترض أن في مقدورها التمشي

(١) وحدات المادة العضوية والعامل في نقل الصفات الوراثية (المترجم) .

(٢) يبايض في الجلد والشعر والعين « برص » .

(٣) عدم وجود قرون .

مع أمور الحياة بكفاءة أكثر من آباءها التي اشتقت منها . فلن تمضى فترة طويلة حتى تصبح الأنواع متكونة من النشء الجديد . هذا هو التطور .
وسريعا ما اتضح ، أن السبب في حدوث هذه التغيرات والتحورات كان مرجعه في الحقيقة بأن التغيرات كانت تحدث في العوامل المورثة – الجينات . وهذه التغيرات البيولوجية سببها تغيرات طفيفة في التركيب الكيميائي أو التركيب الجزيئي للجين أو الجينات المشار إليها .

وقد أشرت في الفصل الرابع من الكتاب الى الأصل الكيميائي لمادة د . ن . أ . (حامض الدي أوكسى ريبونوكليك) الجزىء الهائل الذى يحوى في داخله القدرة على جعل الجينات تؤدى ما تقوم به . وأصبح ذلك هو التطور في يومنا نحن لأسس داروين المعدلة من قبل خلال أعمال مندل . ولكن ما زالت تبزغ أفكار جديدة أبعد .

فالطفرات الذاتية ، بالرغم من ثبوت حدوثها في كل أنواع الكائنات ، فهي نادرة نسبيا . وكهعادة عامة ، فإن أقل من طفرة واحدة تحدث في خمسين مليوناً من المخلوقات . غير أنه في عام ١٩٢٧ اكتشف مولر أن الطفرات يمكن أن تستحدث . فمثلا ، وجد أن أشعة اكس تؤثر على كيمياء الجين حتى أن معدل النشوء يزداد كثيرا . وثمة عوامل فيزيقية أخرى ، كالاشعاع فوق البنفسجى فانه يحدث أيضا طفرات ، وكذلك بعض المواد الكيميائية – وعلى سبيل المثال – غاز الخردل . وأكثر الأشياء دهشة ، ربما ، بالنسبة لنا نحن مواطنى القرن العشرين الحديث ، هو معرفة أن الطفرات يمكن تنشيطها بواسطة النشاط الاشعاعى .

ولذلك ، فإن أحد الاحتمالات الجديدة عن التطور البيولوجى هو ، أنه قد يكون في مقدرتنا أن نجعله يحدث . فعلى سبيل المثال ، أحرز بعض النجاح في جعل فطر البنسليوم يتبدل بتعريضه لأشعة اكس حتى أن السلالة الجديدة قد تنتج بنسلينا أكثر من القديمة . فإذا أمكن تحقيق مثل هذا النشوء الموجه مع الفطريات ، فليس هناك سبب ، من حيث المبدأ لئلا يكون ذلك ممكنا مع بعض الصور الأعلى من الحياة . ولكن قبل أن نحاول متابعة هذه الفكرة حتى

الامستنتاجات المنطقية التي تمكننا منها معلوماتنا الحالية ، أود أن أعود الى الوراء للحظة وأأمل فيما قد يدعى بالتغير التطوري في عالم الكيمياء .

فأنواع الحيوانات التي نراها حولنا في العالم حاليا ، وكذلك أنفسنا أيضا بالنسبة لهذا الأمر ، نشأت كلها عن أنواع سابقة كانت موجودة قبلنا . وتوجد آثار بعض من هذه الأنواع البيولوجية السابقة على هيئة حفريات ترقد كل منها في طبقات الصخور التي تكونت في الوقت الذي كانت فيه المخلوقات حية . ومن المعقول أن تتوقع أن أول نوع من نظام كان يمكن وصفه بأنه « حي » لم يترك أثرا على الإطلاق ، إذ أن من المحتمل تماما أنه لم يكن يمتلك شيئا صلبا و متماسكا بما فيه الكفاية ليرك قششا ثابتا في الصخور . ومن الصعب تماما التمييز بين عمليات الحياة الأولى بواسطة التخرير في أقصى صورها البدائية وبين الأنظمة غير الحية ، لانطلاق الطاقة الكيميائية .

ولكن حتى نظام الكيمياء نفسه لم يكن ساكنا على مر الزمن . فهناك دليل طيب من التجارب في المعمل وبالمثل من مشاهدات علم الفلك الفيزيقي أن العناصر ، التي نجدها على الأرض والتي — درسناها تماما في الوجود التاريخي القصير للانسان ك مخلوق متعلم ، لا توجد في عوالم أخرى كما نعرفها هنا . فهناك عوالم أخرى — في النجوم — حيث لا تزال تتركب العناصر الكيميائية . ويستطيع الآن علماء الفيزيكا وعلماء الرياضة الجدد أن يوضحوا الكميات النسبية لكل العناصر تقريبا ، من الهيدروجين ، أخفها وله وزن ذري ١.٠٠٨ ، الى العناصر الثقيلة كالسيوميوم ، ذى الوزن الذري ٢٣٨ ، وما وراء ذلك ، عند مشاهدتها والتعرف عليها بالطرق الطيفية وبواسطة طرق أخرى في أنواع مختلفة من النجوم .

والهيدروجين هو أبسط الذرات الكيماوية ، حيث تمتلك الكترونا مفردا يلور حول نواة بسيطة ، ثقيلة . وعند درجات الحرارة من ١٠ مليون الى ٥ مليون درجة مئوية والمعروف أنها توجد في نجوم « المجرة الرئيسية » تمتزج ذرات الهيدروجين ببعضها بطريقة يسميها الفلكيون حاليا « الطبخ الحراري » لتكون الهيلوم . ونحن نلم ببعض المعرفة عن هذه الطريقة على الأرض في « القنبلة الهيدروجينية » . وعندما تسخن درجة الكواكب ، حتى ١٠٠ مليون،

٢٠٠ مليون درجة مئوية ، مثلا - وهي درجة حرارة النجوم الحمراء العملاقة - تتحول ذرات الهليوم أساسا الى كربون ، وأوكسجين ، ونيون . أما أسخن من ذلك - أى حتى ١٠٠٠ مليون درجة مئوية - فيتكون المغنسيوم ، السليكون ، الكبريت ، الأرجون ، والكالسيوم من الكربون والأوكسجين والنيون البسيطة . تظهر ذرات الحديد عند درجات حرارة أعلى من ذلك ، من ٢٠٠٠ الى ٥٠٠٠ مليون درجة مئوية .

وتابع علماء الفيزيكا تأثيرات أكثر تعقيدا وهم يلاحظون الطبخ الحرارى ، ليس لذرات هيدروجين هية تماما ، بل لهيدروجين مخلوط مع نسب بسيطة من الكربون والأوكسجين والنيون ، والحديد التى كانت قد أتجت قبلا فى النجوم الموجودة . ومثل هذه التأثيرات كاختلاط القلب مع الغلاف فى « المرحلة الضخمة » فى التاريخ الطبيعى للنجوم يمكن ادراكها حاليا لتفسر تنوع الكيمياء المنتشرة التى نراها فى السماوات . وكل هذه الشواهد تهود الفلكيين اليوم ، تماما كما قادت البيولوجيين من قبلهم منذ مائة عام الى استنتاج أن ما يمكن مشاهدته فى السماوات وما يمكن استنتاجه من التركيب الكيميائى للنجوم يتضمن أن هناك تطورا يأخذ مجراه .

وقد أوضح أينشتين أن الكتلة يمكن أن تتحول الى الطاقة ، وأن الاثنيتين ، فى الواقع ، مجرد تعبيرين مختلفين عن نفس الشيء . وهناك محاولات رياضية وفيزيائية قوية مبنية على الملاحظات الفلكية الحديثة قادت الى نظرية « الخلق المستمر للمادة » . ومعدل الخلق ، تبعا لهذه الحسابات هو حوالى ذرة واحدة فقط من الهيدروجين فى القدم المكعب الواحد كل بضعة بلايين قليلة من السنين . وقد يبدو ذلك أنه بطيء وتافه ، ولكننا يجب أن نتذكر أن هناك متسما من الوقت وعددا ضخما جدا من الأقدام المكعبة فى النظام الكونى .

وخطة النشوء الكونى - الخلق المستديم للهيدروجين واثتلاف كميات الغاز الطليقة على هيئة نجوم جديدة وظهور الهليوم أولا ثم العناصر الأخرى الأثقل بواسطة الانفصهار النووى عندما ترتفع درجة الحرارة ويزداد الضغط ، والمرحلة الأخيرة المزدهمة للغاية بالنجوم الداكنة تماما - كل ذلك نظام متحرك

ومتقدم : نعد نحن والعلوم التي ندرسها جزءا فيه . وسأعود الى ذلك فيما بعد في الفصل التاسع من الكتاب .

ونظرية النشوء لداروين ، التي نبعت منها فكرة أن الطبيعة ليست تنظيما ساكنا ، بل أن الحقائق التي نشاهدها كلها حولنا ، في النجوم أو في الكيمياء ، أو في الكائنات الحية ، كلها جزء من نظام متحرك ، هذه النظرية ، بالرغم من أنها تتعلق بأشياء كثيرة حية وغير حية ، بنيت على آراء البشر - أعني ، علينا نحن أنفسنا . وقد كتب توماس مالثوس المشهور ، كما نذكر ، كتابا جادلا فيه بأن الشعوب الانسانية يمكن أن توقع لها أن تزايد بأسرع من مصادر الغذاء الممكن الحصول عليه لمقومات حياتها . وقد قرىء هذا الكتاب في كل مكان ونوقش بحرارة .

في أكتوبر عام ١٨٣٨ ، كتب داروين في ترجمته يقول « بعد أن بدأت بحثي المنتظم بخمسة عشر شهرا ، حدث أن قرأت على سبيل الترفيه كتاب مالثوس عن « الشعوب » ، ولما كنت مؤهلا تماما لتقدير الصراع على البقاء المستمر في كل مكان من الملاحظة المستمرة طويلا من عادات الحيوانات والنباتات ، جاءت الفكرة على التو أنه تحت هذه الظروف بأن التغيرات الملائمة تنزع الى البقاء ، أما غير الملائمة فهي تنزع الى الفناء . وتكون نتيجة ذلك تكوين أنواع جديدة . ولكنني أغفلت في هذا الوقت مشكلة واحدة ذات أهمية عظيمة ، ويدهشني اذا ما استبعدت قاعدة كولومبس ويضته ، كيف أني أغفلت المشكلة وحلها . وهذه المشكلة هي اتجاه الكائنات العضوية المنحدرة من نفس العائلة الى التشعب في السلوك عندما تحورت . وواضح أنها تشعبت كثيرا من الطريقة التي يمكن فيها تنسيق الأنواع من كل الأصناف في فصائل ، والفصائل في عائلات ، والعائلات في قبائل ، وهلم جرا ، وأستطيع أن أتذكر نفس البقعة في الطريق ، عندما كنت في عربتي ، ساعة أن هزنتي الفرحة لتوصلي الى الحل » .

وكان الحل ، بالطبع ، أن هذه الأشكال المتحورة تصبح مهياة لضغوط بيئة خاصة . وأمر هام لنا في الوقت الحاضر ، مع ذلك ، أن داروين طالما قد ابتداء بمالثوس ومشاكل الغذاء الانساني ، والشعوب ، والسياسات . كان الواجب

عليه أن يتتبع نظرية تغطي كل علم الأحياء الذي امتد الآن في أساسه ليشمل كثيرا من العلم . ومع ذلك ، فإن متضمنات مبادئ المنشوء لها ارتباطا خاص تاما بالجنس البشرى .

وعندما تطبق قاعدة داروين للنشوء على الإنسان فهي تحرك طريقين للبحث - أحدهما هو تقدير الحقائق والآخر هو الطريقة التي تفسر بها الحقائق . وقد قادت هاتان الوجهتان عادة الى نهايات مختلفة تماما . اذ أشارت الحقائق في العلوم غالبا الى غموض وتضارب للظواهر الطبيعية ، مع أن آراء رجال التعليم عنها عادة هو تحديد هذه المشاهدات على أنها كيميائية ، وتلك على أنها فيزيائية . وأنه فقط في القرن العشرين الحالي أشار اينشتاين الى أن المشاهدات قد كان له - علاقة بالملاحظات التي قام بعملها .

وداروين ، كما ذكرت ، التقط فكرته عن النشوء فجأة بعد قراءته لمقالة ماثيوس عن « قواعد الشعوب » . فقد كتب أن هناك ثلاثة عوائق للشعوب ، الرذيلة ، الفقر ، وضبط النفس . وتتضمن قاعدة داروين للنشوء بقاء الأصلح . ما هي ، إذن ، الصفات الخاصة التي نمتلكها نحن شعوب العصر الحالي الذين بقوا بهذه العوائق على من سبقنا من شعوب ؟ ؟ ؟

والاجابة على هذا السؤال ، فيما نعرف ، حتى الآن ، اجابة طويلة تماما . مع أن في البداية كانت الاجابات القصيرة هي السائدة . وقد أدت تلك الى استنتاجات هائلة ، ربما كانت الآن أكثر تمعا كتحذير لئلا تقع في خدع مماثلة . وكبداية ، كل أول تفسير لنظرية داروين عند تطبيقها على الناس هو أن الأقوى والأغنى ، كان بالضرورة ، هو الأصلح . وباتباع هذا الانحياز في الجدل ، نستنتج أن الفقراء المعوزين هم الذين كانوا يموتون جوعا ، لأنهم بفقرتهم وجوعهم أظهروا أنفسهم غير لائقين بمجتمع تنافسي . ولم تناقش الحقيقة بأن هذا التعليل كان بمثابة تأكيد لسلوك طائش ومبادئ منحطة . وكان ظهور نظرية النازي المفزعة عن الجنس المتفوق أو السلالة الآرية السائدة ، الذين كانوا يجادلون في أن بعض السمو الفطري أو اللياقة الخرافيين ، يمنحهم الحق في السيادة على جنس الانسان ، يعد اتكاما جديدا لتفكير كهذا .

ونبع اتجاه غرب آخر للتفكير ، لكنه لحسن الحظ أقل إيلاما ، عن النشوء عند تطبيقه على الانسان ، من ابتداء فرانسيس جالتون ، وهو قريب لداروين ، لعلم تحسين النسل (١) . وواضح أن عقل الانسان هو الصفة الخاصة التي يمتلكها والتي رفعت فوق باقى الخلق الحيوانى . وتبعا لنظريات علم تحسين النسل ، كان يعد أن الانسان فى استطاعته أن يرتفع الى أعلى الشجرة البيولوجية بتصرفه الخاص ، اذا ما رتب عن قصد باستخدام عقله أن يتم برنامج تهجين بتزاوج الرجال الممتازين تماما مع النساء الجميلات جدا . وقد اقترحت الين تيرى على برناردشو تمشيا مع هذه القواعد لعلم تحسين النسل أن يعمل مشتركين على انتاج طفل لكى يحرز حسنها وذكائه . ورفض برنارد شو الاقتراح بلباقة على أساس أن الجنين قد يحمل شكله ويمتلك ذكائها . وفى الواقع ، فإن آراء جالتون عن علم تحسين النسل كانت مبنية على أسس لا بأس بها من الاحصائيات السليمة ، التى كان ملما اماما جيدا بمادتها (وقد كتب مرة ، بالفعل ، بحثا عن « التحقيقات الاحصائية عن الدعوات ») . اذ يبدو أن بعض الصفات وعلى سبيل المثال ، المقدرة الذهنية العالية - تكون وراثية . ويبدو أن ضعف قضية علم تحسين النسل هو ضعف مزدوج . فأولا ، نحن لا نمتلك المعلومات الكافية بعد كى تتمكن من تحديد الخواص الكثيرة المتشعبة التى تكون فى جملتها ما يمكن أن يسلم به أنه انسان جيد ، حتى اذا كان فى امكاننا التأكد من أن هذه الخواص يمكن أن تهوى وراثيا . وثانيا مع ذلك توجد اللامنتطقية الأساسية فى التسليم بقواعد النشوء من حالة بدائية الى القمة الهائلة المثلة بالانسان ، بينما فى الوقت نفسه تفكر أكثر الشعوب لخصابا ، الذين ببقائهم الأكيد يمكن القول بأنهم « الأصلى » .

وقد حاول عدد من الناس الاجابة على الاسئلة ، بماذا يدين مظهرنا الحالى لعملية النشوء المتغيرة وأى نمو يمكن أن نتوقعه فى المستقبل ؟ ولكن بالرغم من أن السؤال قد طرح بطرق عديدة وبالرغم من أن اجابات كثيرة مختلفة قد أعطيت ، فلم يكن أحدها مقنعا تماما . وذلك ، بالطبع ، ليس مدهشا . فلم يكن التنبؤ سهلا أو ممكنا الاعتماد عليه أبدا ، حتى فى العصر العلمى . ومع ذلك فإن هناك تأملات معينة ، لها قيمتها .

والفكرة الجديدة التى يدور حولها العلم مبنية على فكرة أن أى فرض قد نستنتجه ليفسر أو ينظم مجموعة من المشاهدات يعد مجرد هيكل بناء مؤقت . فإذا لم تتلائم مشاهدة ما جديدة مع النظرية التى استحدثناها ، فلا بد من تعديل النظرية عندئذ ، أو حتى الغائها . وقد أصبح استعمال فرض بهذه الكيفية فى هذه الأيام شيئا مقروا تماما فى العلم وظهر أنه مضر للغاية . وابتداع الفرض ربما يعد فى المكان الأول عملا تحايليا . وهو عادة ما يأتى كلمحة من بديهه . وبالرغم من ذلك ، فلا بد من أن يوضع دائما محل اختبار المشاهدة المباشرة أو التجربة المدبرة ، وهو لا يستحق الابقاء عليه ، الا عندما يجتاز فقط مثل هذه الاختبارات بنجاح . وحينذاك أيضا فهو يعانى فقط ، طالما تتكشف حقائق جديدة لا تتفق معه . وقد ظلت قوانين نيوتن للحركة سارية المفعول كمفروض علمية لمدة ثلاثمائة عام تقريبا حتى عدلت أخيرا كنتيجة لحقائق جديدة وتفسيرات أحسن أوضحها اينشتين .

ولكن طريقتنا الحالية فى التفكير من المشاهدات التى تقوم بها فى العلم الطبيعى لم تكن مقبولة دائما . فان دراسات جاليليو قاده الى استنتاج أن الأرض تدور حول الشمس ، ومع ذلك لم يستطع أن يتبنى هذه النظرية بصورة علنية لأنها اصطدمت بالفكرة المسلم بها وقتئذ أن الأرض هى التى كانت فى مركز كل الاشياء . وبالمثل ظل كبلر متحيرا لفترة كبيرة فى المدار البيضضاوى للكواكب السيارة لأنه كان قد تعلم أن يسلم كبدية واضحة بأن حركة مثل هذه الأجرام السماوية ، بدون ما حاجة الى نظرية لا بد وأن تكون دائرية . أمن العدل أن ندعى بأن التسليم بالموقف المرن حيال نظريات القرن السابع عشر التى أمدتنا بتقدماتها السريعة فى الادراك العلمى ، كان يمثل تقدما تطوريا فى الفكر الإنسانى ؟ وإذا كان هذا الارتقاء تقدما تطوريا فهل تتوقع فى المستقبل أن نخطو الى الأمام مرة ثانية ونتبع طريقة جديدة ومثمرة أكثر للتفكير ؟

ومن المهم قبل أن تتأمل هذا السؤال أن نراجع بايجاز تطور العقل كآلة . وكانت أكثر الطرق شيوعا التى استعملت لايجاد المستويات الذهنية النسبية للمخلوقات عند مراحل مختلفة من التشابك التطورى هى دراسة الطريقة التى تصرف بها عند مواجهة أنواع مختلفة من الألفاظ . فالنملة مثلا ، لها روتين

معقد من السلوك ، ولكن هل يمكنها أن تفكر ؟ والاجابة هي أنه اذا كان على النملة أن تمضى ، فى طريقها الى مسكنها ، فى متاهة من ممرات ، كثير منها مسدود ، فهي تبدأ بعمل عديد من الأخطاء وكثيرا ما تتخذ انحناءات خاطئة تماما . وفى النهاية على أى حال ، بعد أن تكون قد سلكت طريقها للدخول مرارا بما فيه الكفاية ، تتعلم أن تمضى الى مسكنها دون الدخول فى أى من الطرق المغلقة . وعند المضى الى أعلى المقياس التطورى فان اختبار القوة العقلية باتخاذ مسألة اختراق المتاهة كقدرة يصبح بسيطا جدا . وبالنسبة للشديدات على سبيل المثال ، تعد المتاهة لختبارا غير ملائم . فالمسألة التعليمية لا تعين صفاتا كافية للعقل . ففي هذا النوع من التعليم فى الواقع يمكن للجرذان أن تغلب على طلاب الجامعة ، وقد قامت بذلك ، بالفعل ، مرارا .

والاختبار التالى الأكثر دقة للمقدرة الذهنية هو أن نرى على أى مستوى يمكن لحيوان أن يفكر فى شيء غير موجود . فالاختبار العادى يكون بتدريب الحيوان على المضى خلال باب ضمن أبواب عديدة عند اضاءة النور على هذا الباب بالذات . وعندما يعلم الدرس التمهيدى - أى ، أن الطعام يمكن الحصول عليه بالسير خلال الباب المضاء ستفرض المحاولة الأكثر دهاء . فيسطع الضوء كسابق العهد على باب أو آخر من الأبواب المختلفة - ثم يطفأ بعد ذلك . وبعد فترة يطلق سراح الحيوان ، ويمكن للجرذان والكلاب عند وضعها فى هذا الاختبار أن تتذكر أى من الأبواب هو الذى كان مضاء اذا سمح لها فقط بأن تحفظ رؤوسها موجهة بثبات على المكان الذى كان فيه الضوء . وفى الجانب الآخر ، فالراكون^(١) ، بما له من عقل أكثر تطورا ، يمكنه أن يخطو لأعلى وأسفل حتى يطلق سراحه ثم يتجه مباشرة الى الباب الصحيح . ولكنه يمكنه لمدة ٢٥ ثانية فقط أن يتذكر ما هو الباب الصحيح لأى اختبار بالذات .

والقردة والسبازى ، بالرغم من أنها أضعف وأقل شراسة من حيوانات أخرى كثيرة ، فهي تمتلك عقولا مضت فى المضمار التطورى بدرجة لم تصل اليها عقول أى مخلوق آخر غير الانسان ، وتستطيع الطيور أن تقوم بأعاجيب من الحركات البهلوانية الهوائية . ويمكنها أن تمسك الحشرات وهي طائرة

(١) حيوان من اللواحم

(المترجم) .

بمهارة ليست لها نظير ، ويمكنها أن تطير بطريقة مذهشة نصف دوره حول العالم وتعود — ولكنها لا يمكنها أن تفكر وتعمل . ويمكن التعبير عن ذلك بلغة فنية بأنها تنقصها قوة الادراك . فالقدرة التي تمتلكها عبارة عن غرائز مكتسبة مشتقة من تكوينها الوراثي . ويمكن للقردة ، من ناحية أخرى ، أن تستعمل العقل . اذ يمكنها ببساطة أن تتذكر بابا مضيئا يشير الى وجود طعام . كما يمكنها أن تتذكر أى أنواع الطعام تبحث عنها . فالقرد اذا واجه مشكلة الوصول الى أصبع من الموز مثلا ، معلقا عاليا في قفصه ، يمكنه أن يجد طريقة للحصول عليه حتى اذا تضمن ذلك تكديس صناديق فوق بعضها ليقف عليها ثم يطرح أصبع الموز أرضا بواسطة عصاة . وتروى قصة طريفة عن العالم النفساني ولنفجانج كوهلر الذي قام بإعداد صناديق مختلفة وتركيبية أخرى رأى أن يجرى بواسطتها اختبار مقدرة شيمبانزى على التفكير في طريقة للوصول الى فاكهة معلقة على ارتفاع تسعة أقدام في الهواء . وفكر الحيوان فيها وقدر حجم المشكلة . ثم سحب كوهلر من يده حيث قاده الى المكان الواقع مباشرة تحت أصبع الموز ، وقفز فوق كنفه حيث توصل اليها من هناك .

ولكن التطور ، بالرغم من أنه أوصل القردة الى درجة ملحوظة من الذكاء الا أنه قد توقف تماما عند درجة من القدرة باللغة الدقيقة ، وهي التي بوصول الانسان اليها تضعه في مستوى جلي فائق السمو . اذ لا تستطيع عقول القردة أن تصل الى الأفكار المجردة . فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يعلم القرد أن يملأ صفيحة بالماء من برميل ثم يأخذ صفيحة الماء ويطفئ بها فارا حتى يمكنه أن يصل الى صندوق ويحصل على طعام . ولكن اذا حملت المجموعة كلها فوق طوف عائم فسيستمر الحيوان في سحب مياهه من البرميل فقط . فهو لا يمكنه ادراك أن أى مياه ، يحصل عليها بسهولة أكثر مثلا ، من البركة التي يعوم فوقها الطوف ، ستطفئ النار بالمثل تماما . فالفكرة المجردة أن الماء يخمد النار أعلى من ادراكه .

والصفة الأساسية التي توضح أن الانسان قد تطور بعقله الى مستوى أعلى من عقول كل الحيوانات الأخرى هي في قدرته على الكلام . فالفكرة المجردة أنه يمكن للكلمة ، وهي مزيج من الأصوات ، أن تمنح معنى ثابتا وهو ما تنم عنه حيثما استعملت ، وأن هذا المعنى يمكن أن ينقل من شخص لآخر ،

وكما لو أنه يتداول للاستعمال ، في أى وقت ، يمكن ادراكها فقط بواسطة العقل البشرى . وقد قام كيث هايز وزوجته أثناء عملهم بأمريكا في معامل « يوكز » لبيولوجيا الأحياء العليا بتربية أثنى الشبائزى تماما كما لو كانت طفلا بشريا . وقد نما ذكاؤها للعام أو العامين الأولين تماما كما لو أنها ولدت بشرى ، عدا أنها كانت أسرع في التعلم وأذكى بالفعل من الطفل . ولكن عند النقطة بالضبط التى يبدأ فيها الطفل في تعلم الكلام والتى يبدأ منها فصاعدا نمو القدرات وميول الطفل الحى المختلفة واحدة بعد الأخرى ، وقفت الشبائزى عاجزة . وقد تعلمت شبائزى هايز أن تحدث صوتا مثل « ماما » وآخر مثل « بابا » وثالثا لا يختلف كثيرا عن « فجان » ولكن هذه الأصوات كانت لا تنقل أى معنى بالنسبة للحيوان نفسه أكثر مما يحمله النباح الذى تعلم الكلب أن يحدثه عند ما يجلس على عجزه ويؤمر بالكلام . وبالطبع لم يدرك عقل الشبائزى فكرة أن الصوت « ماما » كان يقصد به أن يشير الى السيدة هايز ، ولم تفكر بالمرّة خلال قرن كامل أن تستخدم الصوت في نقل هذا المعنى الى شبائزى آخر .

وتطور عقل قادر على الأفكار المجردة ممثلة بالكلام كان بدون شك الخطوة التى رفعتنا الى المستوى الذى أمكننا عنده أن نجمع الحقائق والملاحظات التى وضعت سويا لتكوين العلوم التى ناقشنا في هذا الكتاب . ولكن اللغات المرنة المتناهية في الدقة التى نستخدمها اليوم لنقل الأفكار والآراء المعقدة التى تعودنا أن نتداولها لم تتطور في قفزة واحدة . ولما كان الأمر كذلك ، فليس من المستحيل تصور أن لغة أخرى ربما تكون أكثر تأثيرا قد تنشأ في مرحلة متأخرة نوعا في التاريخ لا تزال بعيدة عنا . وقد تكون تلك ذات أهمية أساسية أكثر مما قد يعتقد الانسان لأول وهلة . فاللغة والكلام ليست فحسب العربية التى تنقل بواسطتها الأفكار والآراء . فأى لغة تضى من ذاتها تأثيرا قويا على طبيعة الرأى الذى يجرى توصيله .

وقد أثار ب . ل . ورف الى أن المعنى الفلسفى الأساسى العام لطبيعة الكون ينقل بواسطة قواعد وأصول اللغة التى تستعمل للتعبير عنه . ففى قصص دامون رينون كان كل شىء يعبر عنه في الزمن الحاضر « المضارع » . فكان يقول مثلا « حول حوالى ثلاثة أجراس أقف في الصباح خاراج مطعم

مندی في برودواى عندما يحضر الى قتي يدعى فيتس صامويلز » . والقصص
مسلية وقوية التركيب ولكن ينقصها العمق والجاذبية لأن الفكرة القاطعة بأن
شخصياتها ليس لها ماض أبداً أو أنها لا تتطلع أبداً الى مستقبل سواء حزين
أو سعيد ، تكون ناقصة .

وكما يقولها شعب اكسفورد ، « يسألونك في اكسفورد ماذا تفكر ؟ بينما
يسألونك في كامبردج ماذا تعرف ، وفي أدنبره فهم يسألونك ماذا علمك
الأستاذ » . وأشعر بأن هذه العبارة المقتبسة لها صلة مباشرة بالنقطة التي
نناقشها — بالتحديد ، الطرق التي يتطور بواسطتها العلم . فتقدم العلم يعتمد
مبدئياً على القدرة الذهنية لعقول العلماء — أى على كفاءة العضو الذى يحملونه
في رؤوسهم . وواضح تماماً أن هذه مسألة تطور بيولوجى . فعقل الانسان
يورث عن والديه ، ويعتمد حجمه وقوته كآلة مفكرة على جيناتها تماماً كما
هو الحال بالنسبة لقوامه ولون عينيه . وبالضبط كما أن حجم العقل البشرى
وتركيبه المعقد يعلوان على ما لعقل أى حيوان آخر ، فمن الممكن أن تتصور
أنه قد تحدث طفرة مناسبة — ربما تكون في قرن من الزمان ، وربما في مليون
عام — تزيد من حجم عقل الجنس البشرى أكثر من ذلك .

ومن ناحية أخرى ، قد لا يحدث أبداً مثل هذا التغير الوراثى تماماً . ولكن
حتى اذا لم يحدث ذلك فلا يشترط أن تظل الأمور على ما هى عليه . « ففى
كامبردج يسألونك ماذا تعرف » . ولم يكن شكسبير يعرف مثلاً كيف يطير .
ولم يكن علينا أن ننتظر ، مع ذلك ، حتى تنتج لنا طفرات التطور بانسيابها
البطء البارد رجالاً بأجنحة . وعقولنا ليست أكثر قدماً من عقل شكسبير ،
وأذرعنا ليست بالطبع أقوى ، وليس بها من ريش أكثر . ولكن لأتأ عرف
أكثر مما عرف شكسبير ، فنحن الآن قادرين على صنع آلة نستطيع أن نطير
فيها . فلأتأ فتلكت عقولاً قادرة على التعامل مع الأفكار المجردة للكلام والكتابة
والتي نستطيع بواسطتها أن نخزن هذه الآراء طويلاً لاستخدامها فيما بعد ،
وللرياضة الفيزيائية وكل العلوم الطبيعية — لأتأ يمكننا أن نقوم بكل ذلك ،
يبدو غالباً كما لو أن بإمكاننا استعمال رؤوسنا لكى نجعل التطور بشيئتنا .

وقد تمكننا معرفتنا الحالية ، من انجاز أشياء كالطيران والسفر تحت الماء ، والتجول في الظلام كالخفافيش بدون التخبط في الأشياء باستخدام الرادار ، ولكنه أيضا يسمح لنا بتكييف أنفسنا للملائمة بيئتنا . فليس علينا أن نطور نوعا من الانسان ذى فراء سميك ليعيش في النرويج ، أو آخر ذى مقاومة خاصة للحرارة ليحفر آبار الزيت في الصحراء الكبرى . اذ يمكننا أن نحصل بفضل ما نعرف على تدفئة مركزية في الشمال وتكييف للهواء على خط الاستواء .

ولكن في جامعة أدنبرج ، اذا تابعنا عبارتي المقتبسة حتى نهايتها المريبة ، فهم يسألونك ماذا علمك الأستاذ . وفي أى مجتمع من المخلوقات ، سواء كان من ذباب الفاكهة ، أو من خنازير هندی ، أو من بشر ، بالرغم من أنه توجد درجة عالية من الانتظام الوراثي ، فهناك أيضا في نفس الوقت طيف من التحصيل والمقدرة . وكما ذكرت قبلا ، فبجانب تحكم الجينات في عوامل محددة كلون العيين ، الحساسية للاستعداد الوراثي للنزف الدموي (مرض النزف) ، أو شفة علوية طويلة كذلك التي للملوك وملكات هابسبرج ، فهي تؤثر أيضا في فروق بسيطة مثل التدرجات في الطول أو القصر . ولذا فاننا نجد في مجتمع ما ، أفرادا ذوى مقدرة ذهنية فائقة من ناحية — هؤلاء هم الرجال والنساء الأمجاد من الدرجة الأولى — بينما يوجد من ناحية أخرى قوم أغبياء جدا . وقد وجه الانتباه العام في احدى المناسبات الشهيرة الى هذه الحالة من الأمور في خطاب لجريدة التيمس يحتوى العبارة التالية الجديرة بالاعتبار . « قد يفرع قراؤكم أن يعلموا أن مقدار النصف من تلاميذ المدارس في منطقة لندن حاصل ذكائهم أقل من المتوسط » . والغرض الذى أريد أن أصل اليه ، مهما كان ، هو أن الفرد الذى يمتلك ما قد نسميه « ذكاء متوسطا » يمكن أن يعلم قدرا معينا فقط .

فلم يكن شكسبير يعلم شيئا عن الفيزيكا النووية ولكنه ، اذا كان حيا اليوم ، كان بإمكانه أن يتعلم بسهولة بقدر ما استطاع الرجل التالى له : اسحق نيوتن الذى كان جاهلا أيضا بميكانيكيات الكم ولكنه اذا كان هنا اليوم لأدرك على الفور مناقشات نيلز بور فور أن قام بها ، وغالبا ما كان سيساعده طبعاً في الوصول الى تقدمات أبعد لم تتم بعد .

ويستطع الرجل الحديث أن يبنى على الأفكار التي ابتدعها أسلافه ودونوها . ومعدل تقدمه سريع ، لأن كل ما سبق قبل ذلك موجود ليتعلمه . وواضح أنه كلما يمر جيل تتواجد أجزاء جديدة من المعرفة للتعليم . وتلك هي النقطة . فنحن نمتلك عقولا قادرة على تداول كمية كبيرة ، ولكن هناك حدا لما يستطيع العقل العالي للانسان ادراكه . فأنت لا تستطيع أن تعلم البقرة انعزف على الكمان . كما لا تستطيع أن تعلم بليدا ثقيل الفهم ليستوعب نظرية اينشتين للنسبية . وقد نستنتج أيضا أن هناك أفكارا لا يمكن أن تعلم حتى لشخص كائنتين . وقد يلزما لهذه أن تنتظر الخطوة التالية للأمام في التطور البيولوجي للعقل البشرى ، لو تحدث هذه في وقت ما .

وقد بين سير جوليان هكسلي أنه منذ ٣٠٠ مليون سنة كانت الأسماك هي الحيوانات الوحيدة التي لها سلاسل فقارية فلم يكن هناك فقريات أرضية . وبعد ذلك بنحو ٧٠ مليون سنة ، انتشرت الزواحف - الديناصورات والتماسيح والأخسوريات وأفعوانات البحر والبلصوريات ، والسحالف . ثم بعد أكثر من ١٠٠ مليون سنة من هذه ، ظهرت الطيور والحيوانات الثديية . وظل العالم فترة ٦٠ مليون سنة يعوى حيوانات وطيور العصر الحيواني الحديث (السينوزوى) الى أن انتهت بالعصر الجليدى . وأخيرا جاء الانسان . والسؤال الذى يطرحه هكسلي هو ما اذا كان من المعقول لنا أن نأمل في أى تحسن بيولوجى أكثر من الانسان كفضيلة حيوانية ؟ فقد كان النمل منذ ٣٥ مليون سنة فاضجا بنفس القدر الذى هو عليه الآن . ولم تظهر الطيور أى تحسن كآلة طائرة في العشرين أو الثلاثين مليون سنة الأخيرة . ويرى أننا أيضا ، ربما ، نكون قد أصبحنا مستقرين بيولوجيا .

هل يمكننا اذن أن نجادل في أنه حتى اذا كان الانسان كحيوان ذى عقل ، مهما كان كبيرا ، ولكنه ذا حجم معين فقط ، قد أصبح مستقرا ، تؤخذ حقيقة على أنه يستطيع قتل الأفكار والتجارب على أنها عملية جديدة للوراثة ؟ فأى حيوان ثديى آخر لابد له لكى يطير أن يرث عن والديه الاستعداد لوجود أصابع طويلة بينها غشاء جلدى - كالخفاش ، على الأقل . ونحن ، على العكس ، يجب أن نرث الكتب والتصميمات الموصوف فيها طريقة عمل طائرة . ولأن التجربة المنقولة بهذه الطريقة تتجمع وتتراكم ، فإن معدل التغير يصبح أسرع

وأسرع • وعصرنا الحالى ، فى نهاية هذا الخط الطويل من تجميع الأفكار ،
بعد تقريبا أول عصر نظمت فيه كل الدول نفسها عمدا لتوسع وتستخدم المعرفة
العلمية والتكنولوجية •

وأحسن ما يمكن أن توصف به فترة التطور التى علم فيها الانسان نفسه
بمجهوداته الخاصة هى أنها تطور اجتماعى أكثر منها تطور بيولوجى • وعبرة
« تطور اجتماعى » ليست تعبيراً موقفاً تماماً ، لأن التغيرات فى التحصيلات
للأنواع تعتمد غالباً على القدرات الذهنية للبشر النابعة من تركيب العقل البشرى
وعلى الاستعمال الذى يقوم به الناس لمنتجات عقولهم • ومستوى الغرض لأن
النتائج التطورية عدلت فقط باستخدام التنظيمات الاجتماعية • فمقدرتنا على
الطيران تأتى من تقدم علوم الملاحة الجوية • بالرغم من ذلك ، فالطائرات لا يمكن
أن تصنع الا فى بلاد منظمة على هيئة مجتمعات صناعية • والتغيرات العميقة
فى المجتمع الغربى نتيجة للاستخدام المتزايد للآلية تعتمد بالمثل على التنظيم
الاجتماعى • وفى العالم الجديد للآلية عندما نفتتى اقتصادياً — تماماً ، كما لو
أن جميعنا قد كسبنا جوائز فى مراهنة كرة القدم — لا نحتاج لأن نقضى
الا نسبة بسيطة من وقتنا فى المصانع والمكاتب ، سوف يعتمد العمل على توافر
كميات كبيرة من رأس المال • وهذه الثروة المجمعة ظاهرة اجتماعية •

ولكن بالرغم من أن التطور الاجتماعى الذى يمضى سريعاً بدرجة تمكنا
بالفعل أن نراه يحدث نتيجة عن المخ أكثر من كونه ناتجاً عن علم الأحياء ، فهو
مع ذلك يعد تطوراً • وأساس التطور هو البقاء للأصلح • وذلك يثير مسألة
معقدة • ودعنى أقتبس ما اضطر أن يقوله البروفسور الراحل جواد عن ذلك :

« لماذا يستمر التطور ، ويستمر ليعقد تركيبنا بهذه الدرجة غير اللازمة
حتى أنه ، بدلا من أن نصبح أكثر ملاءمة لبيئتنا الطبيعية عما تعودنا ، فقد نصبح
أقل ؟ ودرجة الملاءمة التى ، من الوجهة الطبيعية الخالصة فقط ، قد تضجل
الانسان العادى قد تم للكائنات الحية اجتيازها منذ آلاف السنين • والاستنتاج
الحتى ، هو أن تحصيل الحياة لمجرد الملاءمة ليس كافياً ، بل أن الكائنات الحية
تطور عند مستويات أكثر تعقيدا وبالتالي أكبر خطراً ، سعياً وراء الحصول على صور

أرقى للحياة ، فقد حل الانسان محل الأميا ليس لأن الانسان مهياً أفضل للحياة ، ولكن لأنه نوع أحسن للحياة » .

وحالما تسكلم عن « نوع أحسن » في سياق الكلام عن الحقائق العلمية للتطور فاننا تقدم عاملاً جديداً لا يتعامل معه العلم بصفة عامة . ذاك هو تضمين القيمة ، أن نوعاً من المخلوقات أحسن من الآخر — بالاختصار ، أن نوعاً من الحياة ، بكل سجايها سلوكه ومقدرته الذهنية ، عند مستوى أعلى من غيره ، كيفما حددنا مقاييس الجيد والردىء . وليس عند العلوم ، لا في الفيزيكا ، أو الكيمياء ، أو حتى الأحياء ، بالفعل ، شيئاً لتقوله عن القيم الأخلاقية . فقد أوصلت قاعدة « البقاء للأصلح » المخلوقات الحية عن طريق قواعد انثشاء من أبسط صور الحياة الحية ، خلال المراحل المختلفة للتقدم الحيوانى حتى الانسان الأول ، الضيق الجبهة الذى كان يقوم بتشكيل الآلات الحجرية في كهف . وقد وصفت حياة هؤلاء الناس على أنها « كريمة ، وحشية ، وقصيرة » . وقد قطعنا شوطاً طويلاً منذ ذلك الحين . فقد تقدم أغنياء الأوروبيون في ألف سنة قصيرة من سكنى القلاع الى قاعة الاستقبال المهيبة المتمدة . واليوم أوصلنا التقدم المتراكم في المعرفة العلمية الى حافة أعظم الانجازات المتقدمة كلها .

فالتطور في العلوم قد أصبح بعد جزءاً من النوع الجديد من « التطور الاجتماعى » المشتق من الطاقة الذهنية للناس . ولم يكن هناك أى دليل ، كيفما كان ، على أن عقول الناس قد نمت خلال هذه الفترة . فقد عرف أينشتين أكثر مما عرف نيوتن لأنه أمكنه أن يقرأ ما كتبه نيوتن مع أن مقدرته الذهنية كانت من نفس الدرجة . وقد يكون من الصعب أن نجادل . فيما يختص بهذا الأمر ، أن نيوتن كان له عقل أفضل من « أرسطو » .

وقد أشرت في أوائل هذا الفصل الى احتمال — ولا يمكن أن يقال أكثر من ذلك — أن المعرفة العلمية قد تمكنا يوماً من الأيام من ترتيب طفرة مناسبة حتى تنتج افسافاً ، اذا ما أتيح لنا أن نستطرد في التفكير ، له عقل أكبر وأحسن مما يمتلكه الآن نوع بنى الانسان . وفي الواقع ، ليس هناك احتمال لأن يصبح هذا ممكناً — على الأقل في المستقبل الممكن التنبؤ به .

فالنموذج الوراثى الذى يزود عن طريق كل فرد منا بالصفات المختلطة

لأسلافا يعطى الى الخلية المخصصة التى نشأنا منها على هيئة جزيء من حامض
الدى أوكسى ريبونيو كليك (د . ن . أ) . والمشكلة التى يجب حلها هو أن نجد
الجزء من هذا الجزيء الذى يؤدى الى تكوين العقل وفكتشف كيف يمكن أن
يعدل بصورة نافعة . ولكن هنا ما قاله البروفسور شارجاف عن كيمياء
الـ (د . ن . أ) .

حامض دى أوكسى ريبونيو كليك المكون من ١٠٠٠٠ نوية (الوزن
الجزيئى 3×10^6) يمكن أن يوجد فى أكثر من 10^{10} أيسومر (١) . ومع
الافتراض المسلم بأنه مبسط أكثر من اللازم ، فهو يتكون من بقع من نوع واحد
من ثالث النويات ، أى أدنين - أدنين - أدنين . الخ ، وينخفض الرقم
للأيسومرات التبادلية من 10^{10} الى 10^{20} . ولكنك ستوافق مع ذلك أن
الحوامض النووية قد تحتوى ، فى تابعها ، على عدد كاف من الوثائق لتزويد
العالم بالمعلومات .

ولكن ، هل لدينا الذكاء الكافى لنقرأ المعلومات المقدمة لنا بهذا النمط ؟
لم يحن الوقت ، على أى حال . فهناك فاس يعانون من الدوار عند مراقبتهم
لدرج التباينة (٢) لمدة طويلة فى ليلة صافية . ولا يجب لمثل هؤلاء الناس أن ينظروا
الى نواة الخلية . اذ لا يمكن أن توجد هذه الكثرة فى مكان بهذا الصغر وفوق
مدى تمييزنا ، لم ينته بعد هذا العالم المتناهى فى الصغر ، بل تبدأ هناك مهرجانات
من الفوضى . ولا أزال أقول لهؤلاء الذين يجيئون بعدنا : قطعاً ستعلمون ! .

ويعنى ذلك فى لغة واضحة أننا نعرف شكل المادة الكيميائية التى تحكم
الوراثة . فهمى ، فى الواقع ، على هيئة صورة منمقة قادرة على التجمع بعشرة
آلاف مليون مضروبة فى عشرة آلاف مليون مائتى مرة من الطرق المختلفة وعليها
بعد ، أن نتقى التصميم الصحيح من ضمن كل هذا العدد الهائل من الاحتمالات ،
وما أن تفعل ذلك ، فإن علينا حينئذ أن فكتشف كيف نغير الصورة الكيميائية
حتى نحصل على النتيجة التى نريدها .

(١) الأيسومر هو ايسوثوب مشار الى منسوب طاقة اعلى من المنسوب
الصفري (المترجم) .
Milky Way (٢)

الفصل السابع

العقل كآلة الكترونية

« ليس هناك شيء جيد أو ردىء ، ولكن التفكير هو ما يجعله كذلك » ، كتب ذلك شكسبير ، وبذا نسب المادة الأخلاقية ، جيد وردىء ، للعقل . وهذا مجال متسع من القيم الانسانية التى لا أرى أن تناقشه الآن . فالذى أود اعتباره ، على أى حال ، هو طبيعة العقل ، العضو الذى فاق الانسان بواسطته كل باقى الخلق البيولوجى ، والذى بواسطته وصل خلال عملية التطور الى المرحلة الحالية من كونه النوع الوحيد من المخلوقات على الأرض القادر على تسجيل وتجميع المعلومات ، والقادر على توصيل المعلومات الى أجيال قادمة لم تولد بعد ، والقادر على المستويات العالية من التعليل . وخلال هذه المستويات الأعلى من التفكير توجد العلوم التى كنا تتأملها فى هذه الأجزاء من الكتاب . أى نوع من الأعضاء يكون العقل البشرى ؟ . وماذا نعرف عن نظامه الآلى ؟ .

وقبل أن تتأمل عمل العقل ، الذى يعد تركيبا معقدا ومتشابكا ، من المهم أن تتأمل الانسان الآلى الذى ، بينما يبدو أنه معقد ، فهو أبسط من العقل البشرى بدرجة لا نهائية ، بالرغم من وجود بعض أوجه الشبه بينهما . فالآلات الحاسبة الحديثة ذات الأغراض العامة يمكن تهيئتها لتؤدى أشياء هائلة . فتعليم مثل هذه الآلة كيف تلعب لعبة الأصفار والصلبان يعد شيئا تافها بالنسبة لها . فهى عندما «تعرف» القواعد فستكسب دائما أو تعادل ، ولكن لن تخسر أبدا . والشطرنج ، الذى يعد لعبة أكثر تعقيدا تماما ، يمكن أن يلعب بواسطة آلة حاسبة ، ولكن تزويدها فى بادىء الأمر بجميع المعلومات التى تحتاجها عن النقلات عملية شاقة تماما . وواقع الأمر ، كما أعلم حتى الآن ، أنه لم يتم وضع منهاج لأية آلة حاسبة

ليكون في استطاعتها أن تلعب دورا كاملا ، ولكنها جهزت لترى ثلاث نقلات للامام .
ولسوء الحظ ، مهما كان ، فبالرغم من أن الآلات الحاسبة الإلكترونية الحديثة
تعمل بسرعة كبيرة ، فانها يمكن أن تهزم في الشطرنج بعامل الزمن . والسبب
في أنها تلعب أبطأ من لاعب بشري من الطراز الأول ، أنها قبل أداء النقلة ، لا بد
أن تجرب في « رأسها » ، اذا ما أمكن استعمال هذا التعبير ، كل النقلات الممكنة
الموجودة .

وكان أول شخص نجح فعلا في تصميم آلة حاسبة في امكانها التعامل مع
مشاكل على درجة عالية من التعقيد تكفى لأن تعتبر أنها تتطلب « تفكيرا حقيقيا »
هو شارلز بابادج ، الذى كان أستاذا للرياضيات في كامبردج منذ مائة سنة ، من
عام ١٨٢٨ حتى عام ١٨٣٩ . ولم تصنع أبدا بالفعل ، آلة بابادج التحليلية ، كما
أسماءها ، لكن كثيرا من الأفكار فيها كانت حديثة بدرجة مدهشة ، واستعمل بعض
منها فعلا في آلة هارفارد مارك الثانى الحاسبة المصممة عام ١٩٤٨ .

وقبل أن نصف بتفصيل أكثر ما هى بالفعل الآلات الحاسبة ذات الأغراض
العامة - المسماة « بالعقول الإلكترونية » - وما فى استطاعتها أن تعمله ، من
المفيد أن نردد ما كتبه السيدة لفلاس فى أربعينات القرن الماضى عندما وصفت
أفكار بابادج . « ان الآلة التحليلية ليس لها ادعائات كيفما كان لابتداع أى شىء .
فبامكانها أن تقوم بما نعرف كيف فأمرها بأدائه » . ويعنى ذلك أنه عندما تبدأ
الآلة فى حل مشكلة - أى عندما تبدأ فى التفكير فيها - يمكنها فقط أن تؤدى
ذلك فى حدود القواعد والظروف التى بنيت فيها . أو فى قول آخر أن الماكينة
يمكنها أن تعمل فى حدود «تعليمها» فقط . فمثلا اذا كانت مصممة على أن تلعب دورا
من لعبة الأصفار والصلبان ، فان تعليمها يهيؤها للأصفار والصلبان فقط ولاشئ غير
ذلك . وفى الجانب الآخر ، فاللاعب البشرى ، بالرغم من أنه لا يستطيع أن يلعب أحسن
من الماكينة عندما يضع بالفعل الأصفار هنالو الصلبان هناك ، فهو عند ملاعبته خصما
بشرى ، قد يفكر فى بعض طرق أو حيل اللعب التى قد يكسب بواسطتها الدور .
فقد يكلم خصمه خارج اللعب أو يعرض عليه شيئا ليشربه فى لحظة حرجه ،
أو يشتت انتباهه بطريقة ما . وهناك ، كما سأحاول أن أبين ، عددا من الوجوهات
بتشابه فيها أداء الآلة الميكانيكية مع العقل البشرى . ولكن الانسان لديه تعليم

أكثر اتساعا من الآلة • أو ، للتعبير عن ذلك بلغة فنية سارية ، فإن تخطيط الآلة الحاسبة ، بالرغم من أنه قد يبدو معقدا في بعض الأحيان ، فهو دائما أبسط بكثير من ذلك الخاص بالعقل البشرى •

وكانت آلة بابادج الحاسبة — التى أتم نصفها بالمصادفة فى جنوب كسنجتون بلندن ، والتى وصفت بعد موته بقليل ، بأنها آلة جميلة تؤدى عملها بدقة أكيدة لكنها عديمة الفائدة — تتكون من ثلاثة أجزاء • فكان الجزء الأول « مخزن » يمكن أن تجمع فيه المعلومات الحسابية • والقسم الثانى أسماء بابادج « طاحونة » وكانت تؤدى فيه الحسابات المفردة • والقسم الثالث الجوهرى من الآلة الحاسبة كان « وحدة التحكم » • وكان ذلك يحدد الترتيب الذى يجب أن تؤدى به سلسلة العمليات • وتتبع قاعدة هذا الترتيب فى الآلات الحاسبة الالكترونية الحديثة • وبالنسبة لهذا الأمر ، فالمرحلة الثلاثة فى الآلة الحاسبة تشبه كثيرا تلك التى نستعملها فى اجراء الحسابات فى رأسنا • ففى التعامل مع مسألة حسابية — على سبيل المثال ، « هل يمكن شراء دسطة من القمصان يتكلف كل منها ١٧ شلن ، ٦ بنسات اذا كان معى عشرة جنيهات فقط فى جيبى » ؟ — فأول جزء من العملية هو تذكر الحقائق • وبالتالي ، يمكنك استعمال قلم وقطعة من الورق لتخزين الحقائق جانباً أكثر أماناً بكتابة ثمن كل قميص ، والعدد الذى تنوى شراؤه ، وكمية النقود التى فى جيبك لتشتريها منها • والمرحلة التالية هى « الطاحونة » — أى ناتج أداء عملية الضرب • والعملية النهائية هى الترتيب لتنفيذ البرنامج ، الذى يتطلب أنه بعد ضرب ١٧ شلن ، ٦ بنسات فى الرقم ١٢ يطرح الناتج من ٢٠٠ شلن •

وقد نجح بابادج فى أداء هذه العملية الذهنية بطريقة ميكانيكية • «فمخزنه» كان مجزأ لىستطيع حفظ ١٠٠٠ عدد كل منها ذو خمسين رقما عشريا • أما « طاحنته » ، التى كانت الجزء من الآلة الذى بنى بالفعل بعد وفاته بواسطة ابنه • ب • بابادج ، فكانت تعمل على مقياس من ١٠ ويمكنها أن تجمع أعدادا بها ٢٩ رقما عشريا ، واذا لزم ، فستنقل المجموع الحسابى لـ ٢٩ جزء عشري الى ما بعده فى نفس الوقت — وهو تحصيل مدهش اذا اعتبرنا أن ذلك يؤدى بطريقة ميكانيكية ، وليس بالطرق الالكترونية ، كما فى الآلات الحديثة • ويمكن لآلة بابادج الحاسبة أن تقوم بأداء ستين من عمليات الجمع الكاملة هذه فى دقيقة ،

وبجانب ذلك يمكنها أن تضرب عددين من ٨٠ رقما عشريا في بعضهما ، أو تقسم عددا ذا مائة رقم عشري على آخر ذي خمسين رقم عشري •

أما مسألة تنظيم منهاج العمل فكانت تتم في «وحدة التحكم» باستعمال نماذج مثقبة على مجموعة من الورق ، شبيهة نوعا بتلك المستخدمة للتحكم في نول جاكارد للنسيج الميكانيكى للأقمشة المنقوشة • فكانت هناك مكابس تمر خلال الثقوب الموجودة في الورق تعمل لتشغيل التركيب الآلى لاتقاء الأرقام من المخزن لنقلها الى الطاحونة حيث تجرى الحسابات • وكان في امكان وحدة التحكم هذه أن تعمل في وجهتين من الحساب أخذا قسطا كبيرا من العناية في وقتنا نحن ، واستنفذت مائة سنة بعد ذلك الوقت • أولهما ، أن اختيار الأوراق المتحركة في أداء الآلة ، بالرغم من أنه كان يحدث عادة بالترتيب ، يمكن تغييره بواسطة الآلة نفسها حيثما يضى تسلسل العمليات • أى أن الآلة تبدى درجة من « التحكم » أو « التميز » • والوجهة الثانية من نظام التحكم التى ظهرت مرة أخرى في الآلات الحاسبة الحديثة كانت ترتيبا للتعامل مع الطبيعة المتكررة لكثير من الحسابات الممتدة • فكان ذلك يدبر بتنظيم « دورات الدورات » هذه كمعاملات مفردة •

وعلى الرغم من أن بابادج منذ مائة عام قد فسر بنجاح القواعد التى يمكن بها اتمام صنع الآلة الحاسبة — أى أنه قد فكر كيف يمكن لآلة ميكانيكية أن «تضع اثنين واثنين سويا» ، ليس فقط في المعنى اللغوى للعبارة ، بل أيضا في مضمونها الرقمى بتمكينها عن طريق « وحدة التحكم » المثقبة الخاصة بها أن تنظم ترتيبا للعمليات — فقد كان من المستحيل له أن يجعل نظامه الآلى يعمل فعلا ، لنفس حقيقة أنه كان يعتمد على قوة ميكانيكية • وأنه فقط عندما توافرت الأجهزة الإلكترونية بعد مائة عام في عهدنا أمكن تحقيق فكرة الآلة الحاسبة ذات الأغراض العامة في الناحية العملية •

وقد أعطت الأجهزة الإلكترونية فوائد عديدة فائقة القيمة • فأولا ، تفادت الحاجة الى عدد كبير جدا من الأجزاء المتحركة • وثانيا ، مكنت الإشارات من أن ترسل بسرعة عالية جدا ، وسمحت ثالثا بتخزين كميات كبيرة جدا من المعلومات في شكل ملائم بصورة خاصة جاهزة للاستعمال في الحال • وكانت إحدى الطرق

لتخزين هذه الكميات الضخمة من الأرقام أن يحصل عليها كبتع مغنطة موضوعة حول سطح برمبل يدور ، بطريقة تماثل تلك التي تحفظ بها قطعة الموسيقى في أحاديث الأسطوانة انونوغرافية القديمة . وبجانب أنها تخزن على برمبل مغنط ، يمكن أن تثبت الأرقام على سلك مغنط أو شريط معدني كما هو مستخدم في شريط آلة التسجيل . وتستخدم أنواع أخرى من التخزين شحنات كهرواستاتيكية مخفوظة في أنابيب الكاثودية خاصة . وقد استخدم البروفسور وليامز ، بجامعة مانشستر ، أنابيب أشعة الكاثود القياسية ، كذلك الموجودة في أجهزة التلفزيون ، التي تبدو عليها الشحنات على هيئة خطوط متوازية . وحقيقة أن الأداء الإلكتروني في الآلة الحاسبة الحديثة يعد في وجهات كثيرة مشابها للميكيفية التي تخزن بها المعلومات ، وتستعمل ، وتنقل في رأس بشري حتى ، هذه الحقيقة لها دلالة خاصة لما سنتناوله فيما بعد .

وانه من الصعب في هذا المكان أن ندخل في تفاصيل أكثر عن تركيب الآلة الحاسبة الإلكترونية والطريقة التي تعمل بها . فكمية التفصيل وتنوع الأشياء التي يمكن أن يطلب من الآلة الحاسبة أن تقوم بها مسألة مالية لدرجة كبيرة ، فإذا كان المطلوب من الآلة أن تقوم بأداء عمليات أكثر تعقيدا ، لا بد للإنسان أن يشتري « معدات » أكثر لتمكنها من أدائها . فمثلا ، أوضح البروفسور فينر من معهد ماساشوستس التكنولوجي في مناقشة لرياضيات آلة لعب الشطرنج الإلكترونية ، كما ذكرت سابقا ، أن عددا من الآلات الحاسبة الموجودة يمكن أن تجهز لتتمشى مع التنقلات ، ويمكن أيضا أن تزود بخزين من المعلومات يجعلها قادرة على التعامل مع كل حالة ثلاث نقلات للأمام . ولكن بقليل من العناية ، يمكن أن تجهز آلة أكثر دقة في الصنع بوحدة « ذاكره » تستطيع أن تخزن فيها على شريط كل دور لعبته . وبالتالي ، فلكل دور جديد يمكنها أن تبحث إلكترونيا في « ذاكرتها » عن الموقف المناسب الذي أحرزت فيه كسبا من قبل .

والشطرنج مجرد حالة خاصة تتيح فيه مجموعة من القواعد الموضوعية سابقا عددا من القرص الممكنة للموقعة . ولكن هناك عدد من الحالات الأخرى تحكمها قوانين لا تختلف كثيرا في المبدأ عن النقلات في الشطرنج ، والتي تتيح أيضا قرصا لأنواع معينة من النتائج . وعلى سبيل المثال ، قيل أن مستر كلود شانون من

معامل تليفون بل رأى أن الآلة الحاسبة الإلكترونية ، بجانب امكان تهيتها للشطرنج ، قد يمكنها أيضا أن تقدر بنجاح موقفا حريا وتحدد أحسن التحركات في أى وقت معين في موقعه . وأخيرا ، أوضح كاتب فرنسي ، بير دوبارل ، أن كثيرا من الأشياء التي تحدث في حياة دولة متحضرة تخضع لقوانين معينة ، وتبدو أنها خاضعة لدرجة كبيرة من الانتظام الاحصائي . فمثلا ، اذا عرضت صناعة ما أجورا عالية فهي تجند العاملين بسهولة أكبر وذلك كقاعدة عامة . ومن ناحية أخرى ، اذا كانت الأجور في صناعة ما جيدة بالفعل فان أى زيادة أكثر قد لا تنتج تحسينا في حالة التغييب أو تعمل على زيادة التوافق . وقد أقترح دوبارل ، عند ملاحظته للسلوك السياسى المتوقع للمجتمع ، أنه قد يكون من الممكن أن نبر عنه بمصطلحات رياضية . فاذا كان هذا كذلك فلن يكون هناك ما يمنع الفرد من تجهيز آلة حاسبة مختصرة بقدر كاف لتتخذ قرارات سياسية وقبل أن نرفض هذا الاقتراح على أساس أنه غير عملى فان ما يستوجب ذكره أن آلة حاسبة زودت مقدما بنتائج انتخابات عامة سابقة أمكنها التنبؤ بدقة بالصورة التي يمكن أن تنتهى عليها الانتخابات البريطانية في عام ١٩٥٩ لكل ال ٦٣٠ مقعدا حالما أخبرت بأول اثنا عشرة نتيجة .

والميكانيكية الفعلية لأداء الآلة الحاسبة الإلكترونية الكبيرة معقدة . ومع ذلك ، فهي كقاعدة تكون غالبا كما صممها بابادج : فهي مصنوعة على أن تعمل طبقا لقواعد سبق تحديدها ، فلديها مخزن يمكن حفظ المعلومات فيه لحين الحاجة اليها ، وهذا المخزن منظم بحيث يمكن بحثه ، أو تدقيق النظر فيه ، بحسب الارادة وتجمع المعلومات اللازمة للاستعمال ؛ وأخيرا لا بد أن يكون بها وحدة تحكم لتحكم تسلسل أداء عملياتها . وتستطيع الآلة الحاسبة المصنوعة بهذه الكيفية أن تقوم بحساب الأجور الأسبوعية ، وتلعب الشطرنج وترجم أيضا من لغة الى أخرى اذا لقت لها اللغات جيدا ، وبالطبع فهي تستطيع أن تقوم بأداء الحسابات المعقدة من غير اجهاد وبدون خطأ . وفي ضوء كل هذه الأعمال العظيمة الممكنة هل نعد صائين اذا سمينا الآلات الحاسبة الإلكترونية . عقولا ميكانيكية ؟

والبحث العلمى وظيفة عصرية مألوفة فى الوقت الحاضر ، اعتبرت أنها تتطلب فى العادة مقدرة علمية كبيرة . والقيام ببحث ، على أى مستوى جدير بالاعتبار ، يكون باهظ التكاليف . ولذا ، فالمسؤولون عن أقسام البحث شغوفون دائما بإمكان الحصول على شيء يعرضونه مقابل تقودهم . وبالتالي فهم يقومون بكل الخطوات الممكنة ليتحققوا من أن شيئا لم يترك بدون أداء فى تخطيط البحث مما قد يؤدى بهم الى إهمال فائدة ممكنة أو ، بسبب لهم فى الجانب الآخر أن يقعوا فى خطأ محتمل . وعلى سبيل المثال ، دعنا نفترض أن هناك مصنعا مرتبطا بصناعة مضاد للحيويات ، بنسولين ، مثلا ، أو ستربتومايسين ، أو ايرومايسين ، أو واحد من نصف دسته أخرى . تتضمن العملية تنمية الكائن الدقيق فى وعاء كبير ربما تكون سعته ٢٠ ألف جالون . فالسؤال الذى يواجه مدير البحث هو : هل يمكن إيجاد طريقة جديدة للتشغيل على أساس الحصول على عائد من المنتج النهائى ، يصل الى ٢٥٪ أكبر من ذلك المنتج عادة ؟ وهذا النوع من الاستفهام أمر مألوف جدا فى الأبحاث الحديثة . وتعالج المسألة بهذا الشكل . ففى صنع البنسلين ، يشبع بالهواء ، الوسط السائل الذى ينمو فيه العفن ، الذى قد يكون بنسليوم نوتاتم . حسنا جدا . فيمكن أن تكون أول مجموعة من التجارب ، اختبار تأثير زيادة نسبة الهواء المار فى الآناء بمقدار ١٠٪ ، ثم بمقدار ٢٠٪ ، ثم ، مثلا بمقدار ٥٠٪ . ثم يمكن مضاعفة الهواء بعد ذلك أو تخفيض مقداره الى النصف . أو تزداد درجة حامضية المحلول المعلق فيه العفن بواسطة سلسلة من الخطوات المتدرجة ، أو تزداد درجة قلويته . ويضاف السكر فى العادة الى العفن النامى خلال مجرى العملية ، فما الذى يمكن أن يكون منطقيا أكثر من ازيادة كمية السكر أو تغيير المعدل الذى يضاف به ؟ ثم ، فان البنسليوم يحتاج الى أملاح أزوتية لنموه الصحيح ، فيمكن أيضا تغيير معدل اضافة مثل هذه للأملاح .

ومن الواضح أنه غالبا ما يوجد مجال غير محدد لتجربة تشكيلات وتعديلات لكل من هذه العوامل المختلفة — وهذا بالضبط ما يفعله كثير من منظمى الأبحاث المجددين . وبينما يؤدى تخطيط مثل هذا النوع من الأبحاث ببراعة فائقة بواسطة المفكرين العلميين البشر ، فانه يمكن ، مهما كان ، أن يؤدى أحسن كذلك بواسطة الآلة الحاسبة الالكترونية .

ويوجد ، بالطبع ، نوعان من العلماء . النوع الأول ، وهو ما كنت الآن أصف طريقة تقربه — وإذا اعتبر أن الوصف تهكمى ، فهو ، في الواقع فعلا ، كذلك لدرجة معينة فقط — هو الرجل الذى يبدأ بتجنب الخطأ . وهناك ، مع ذلك ، نوع آخر من المفكرين العلميين — الرجل الذى غرضه الأساسى أن يدرك شيئا جديدا . وطرّاز التفكير الذى يقوم به هذا النوع من العلماء لا يمكن تقليده بالآلة الحاسبة ، فهو يعتمد على شيء مغاير لتسبع برنامج موضوع من قبل . اذ يشتمل على وضع الأفكار المتباعدة ، مع وميض البداهة ليضىء متضمنات هذه التشكيلة الجديدة من التصورات وغالبا ، بالمثل ، الفكرة العامة لغرض جديد تماما للبحث بأكمله .

وعندما يجرب رجل في رأسه مجموعة الاحتمالات المختلفة في الشطرنج قبل أن يقوم بالفعل بوضع يده على القطعة التى سيحركها أخيرا ، يقوم عقله بكثير مما تؤديه الآلة الحاسبة . وقطع الشطرنج يمكن أن تحرك وفقا لمنهاج مرسوم ويكون الهدف أو الغرض من الدور مخططا بغاية الدقة . وهو أن يقهر الملك الخصم بينما يمنع اللاعب المضاد من القيام بنفس الشيء بالنسبة للملكه هو . وانشاء طريقة أحسن لاتاج البنسلين شيء من نفس القبيل لدرجة كبيرة . ولكن العمليات التى دارت في رأس السير الكسندر فلمنج عندما تصور لأول مرة فكرة أن المنطقة الخالية من الميكروب العقنودى (ستافيلوكوك) المحيطة بعدوى العفن الطارئة على لوحة المزرعة في معمله قد تكون نتيجة لوجود مضاد نشيط للحيويات أفرزه العفن كانت من طراز مختلف تماما .

والنظام الآلى للعقل البشرى ، الذى جاء منه التفكير الذى جعل الانسان يقف بين الحيوان برأسه واكتافه فوق كل باقى الخلق ليس معروفا بالضبط . ولن يمكننا ، لذلك ، أن نأمل في فهم الكيفية التى نشأت بها الأفكار التى وضعت بجانب بعضها في أنظمة العلوم التى كنا نناقشها . ومع ذلك بالرغم من أن الاجابة الكاملة لا يمكن الحصول عليها ، فقد حدث قفزة هائلة للأمام منذ عام ١٩٢٨ في ادراك أداء العقل للعمل كآلة مفكرة . ففي ذلك العام قام عالم نفسانى ألمانى يدعى هانز برجر بمحاولة تجربة غمس أسلاك فضية في جلد فروة رأس انسان ، واحد عند مؤخرة الرأس والآخر فوق الجبهة ، وأوصل هذه بالكثرت الجلفانومتريات حساسية لديه ، وكان ذلك مسمى بجلفانومتر « شعري » .

وقد لاحظ أن عقل الرجل حتى وهو مغفَى كما هو بواسطة جميعته قد سبب مجموعة من التغيرات في الجهد تدر بحوالى جزء من عشرة آلاف من الفولت .

وقد وجد برجر أنه إذا سجلت هذه التذبذبات الكهربائية على برمبل يدور فإن الخط الناتج يظهر مجموعة من التذبذبات تحدث بمعدل حوالى ١٠ ذبذبات في الثانية . وعندما حصل على أجهزة أحسن تتضمن صماما مكبرا لتشغيل الجلفانومتر أمكنه أن يرى توافقيات معينة حدثت في الخطوط المرسومة . ولكن أهم من ذلك كان اكتشاف أن التوافقيات الأكبر والأكثر انتظاما الناتجة من الأقطاب الموضوعة على رأس رجل يرقد ساكنا ومغلقا عينيه مالت إلى التوقف اما عند فتح عينيه أو عندما يسأل ، وهو محتفظ بعينه مغلقتان . أن « يستعمل عقله » ، كأن يقوم بأداء حساب عقلى مثلا .

وقد استبدلت منذ ذلك الوقت بألة برجر البسيطة لقياس ما يسمى بتوافق ألفا للعقل آلة أكثر حساسية ودقة في الصنع . وتبقى الحقيقة ، مهما كان ، بأن التنظيم المعقد لخلايا العقل ، وصعوبة الوصول إليها ، وهى محمية بالجمجمة وفروة الرأس قد هزم حتى الآن الذين يحاولون معرفة كيف يعمل التفكير بالضبط . ومع ذلك ، فإن من الواضح تماما أن أحد الفروق بين العقل البشرى والآلة الحاسبة الالكترونية ، مهما كان كبيرا ، هو التعقيد المتناهى للعقل . فعدد خلايا العقل يختلف تماما في المقدار عن عدد المكونات التى يمكن أن توضع في أى قطعة من المعدات ، مهما كانت دقيقة الصنع . وقد حدد الدكتور جرى والتر الرقم بما يقرب من عشرة آلاف مليون . وليس هناك شك في أن هذه الخلايا هى التى تسبب التيارات المتقطعة ذات الذبذبة والسعة المتغيرين المسجلة في خطوط « مرسومات المخ الكهربائية »^(١) . وهو اسم آلات التسجيل . والمخ ، يبدو أنه يتكون من تجمع هائل لخلايا الأعصاب الكهربائية تشحن وتفريغ الشحنة بدون توقف ، سواء كنا مستيقظين أو نائمين . وأنه عندما تطلق مليون أو ما يقرب من هذه الخلايا مجتمعة شحنتها بصورة متكررة تصبغ من الممكن قياس تذبذب ومقدار توافقيات شحنتها . أما الذى يجعل

هذه المليون خلية تعمل سويا - أو ، بالفعل ، ما يجعل خلية مفردة تعطى شحنة في أى وقت خاص - فليس معروفا .

ولكن تظهر صورة من نوع ما ، وهى التى تبدأ في ربط التفكير - أى ، النشاط الذهنى المعقد الذى تنتج بواسطته نظرياتنا العلمية - بالظاهرة الفيزيقية الخاصة المسجلة على أوراق الرسم البيانى لمرسمة المخ .

فتوافقيات ألفا التى لوحظت في أول الأمر بواسطة برجر على تسجيلات جلفانومتره هى صفة مميزة للمخ البالغ فقط . فالأطفال ، تحت سن ١١ سنة ، مثلاً ، لا يمتلكون ، كقاعدة عامة ، توافقيات ألفا . وأنه من الواضح تماماً الآن أن هذا القياس الفيزيقي ، كما يسجل بجلفانومتر ، والذي يعد نتيجة لتفرغ خلايا الأعصاب ، يمكن أن يخبرنا بالكثير عن المخ كآلة مفكرة .

وتظهر توافقيات ألفا على الأوراق البيانية لمرسمة المخ الكهربائية لمن قد يدعون بالناس العاديين عندما تكون أعينهم مغلقة وعندما لا يفكرون - والتى أعنى بها ، أنهم لا يقومون بأداء أى حساب عقلى أو يحاولون حل لغز ما . وعندما يفتح هؤلاء الناس أعينهم وينظرون حولهم تختفى توافقيات ألفا على الرسم . ويوصف الناس الذين ترسل عقولهم تسجيلات كهربائية من هذا النوع بأن لديهم توافقيات من نوع « ر » وفي المادة فإن ثلثى أى مجموعة كبيرة سوف تنتج تسجيلات من نوع « ر » . ويبدو أنه عندما تكون أعينهم مغلقة فإن الجزء من المخ الملامس للأقطاب « يلدق » على التوالى دقا خفيفا مرسلًا موجاته الألفا المنتظمة . ولكن عندما ينظر حوله الرجل الذى يجرى فحص مخه ، فإن نفس هذا الجزء من مخه يستغرق الآن في المهمة المتنوعة لأخذ الملاحظات وجمع الانطباعات . ومن ثم يتوقف التأرجح المنتظم لموجات ألفا . وبالمثل ، فهو عندما يبدأ في حل مشكلة ، فإن هذا الشخص من نوع « ر » يرى - بمعناها الحرفي - جزءاً من المشكلة بمن عقله ، ويستعمل نفس الجزء من مخه .

ولكن بجانب الأشخاص من نوع « ر » ، فهناك أولئك الذين لا تختفى توافقيات ألفا عندما تكون أعينهم مفتوحة أو عندما يفكرون في اليقظة . ويقال أنهم يمتلكون توافقيات « ب » ويبدو أن هؤلاء الأشخاص ، وهم يمثلون ربما ١٥٪ من تعداد الناس ، لا يمتلكون المقدرة على قصور الأشياء . فهم

يفكرون في حدود مجردة تماما أو ، بطريقة أخرى قد يكون عليهم أن
« يتحسّسوا » طرقهم خارج مشكلة ما . على أنه عندما يقصد رجل من نوع
« ر » أن يمرر سريرا من خلال باب ضيق فهو قد يتصور أن أحسن طريقة
لذلك تكون بقلبه على جافه أولا ، أما جاره القريب ، المنتمى الى النوع
« ب » ، فهو قد يتخيل صرير عجلات السرير وهي تخدش في الطلاء ، أو قد
يشعر في مخيلته بالجد ينزع من فوق مفاصل أصابعه ، أو بدلا من ذلك قد
يتمبر المشكلة كلية كمسألة من الحساب المجرد تتطلب اتساعا قدره ٣ أقدام
و ٦ بوصات ، بأرجل متعامدة طولها قدم و ٨ بوصات ، عليها أن تمر من فتحة
عرضها ٣ أقدام و ٦ بوصات .

وأخيرا ، هناك نوع ثالث من الأفراد لا تظهر خطوط مرسمة المخ الكهربائية
الخاصة بهم أى توافقيات ألفا على الإطلاق . ويعتقد أن الناس من هذا النوع
يؤدون كل تفكيرهم على هيئة صور متخيلة . وحتى عندما تكون أعينهم مغلقة
فإن الجزء من عقلم الذي تسرى اشارته خلال الأقطاب يتراقص مع الصور
والأشكال والألوان ولا يكون أبدا ثابتا بما فيه الكفاية ليسمح للموجات الثابتة
لمخنيات ألفا أن تظهر على ورق التسجيل البياني . ويسمى غياب ضربات منتظمة
في الناتج الكهربائي بتوافقيات « م » .

وقد قام الدكتور جرى والتر من معهد الأمراض العصبية بيردن في بريستول
بوصف الطرق المختلفة التي يفكر بها الناس الذين يمتلكون أنواعا مختلفة
من توافقيات ألفا بوضوح تام . وعندما واجه السؤال عما إذا كان الرجل من طراز
« م » سيأخذ على عاتقه اتجاهها خاصا في التصرف أم لا . توصل الى أن هذا
الطراز من الناس سيناشد في التو واللحظة مجموعة من الصور أمام عين عقله .
وسيجد نفسه ماضيا الى مسرح العمل ، يتصور الناس الآخرين الذين لهم دخل
في الأمر وماذا سيفعلون ، ويصور النتائج عندما ينتهى الأمر كله ، أو ، من ناحية
أخرى ، فهو سيري ما تكون عليه الحال اذا لم يتم شيء ، اذا ما كان قراره بالآلا
يأخذ على عاتقه العملية على الإطلاق . وعلى ذلك فالشخص الذى يكون عقله من
طراز « م » هذا ، يستطيع عادة أخذ القرارات سريعا . فهو « يصور » الأمر
كله في لحظة .

والطراز المتطرف « ب » تراجع المسألة بطريقة مختلفة تماما . فهو يعتبر الأمور من وجهة نظر أكثر تجريدا . هل يقتضى الواجب أن يكون القرار نعم ؟ وحتى إذا كان المشروع الأصلي ناجحا ، فهل سيؤدى الى التزامات ومسئوليات غير منتظرة ؟ هل هناك أى قواعد رياضية مجردة متضمنة ؟ وفى أمور القانون ين طراز « ب » مبادئ العدالة ومذاهب القضاء ؛ أما طراز « م » فهو يتذكر الأسير فى زنازته لحيته نصف نامية ، والآية المضينة المطلقة فوق قوائم المنصة . وفى ميدان العلم ، يفسر العقل من طراز « ب » مبادئ علم الحركة الجزيئى ، بينما يلاحظ الطراز « م » أن السائل أحمر ، ويعود بذكرته الى وقت كان فيه واقفا فى ليلة ما تحت الأنوار الخضراء الخافتة فى المعمل ، وشعلة موقد بنزن الأرجوانية اللون تتفصح بالكاد منعكسة على الحوائط البنية الطلاء ، حين ظهر محلول أحمر عندما حدث أن أضيف قليل من حبات الكوبالت الى دورق المحلول الذى يقوم بغليانه .

وأغلبنا ، كما ذكرت من قبل ، يمتلك توافقيات ألفا من نوع « ر » ، والنظام الآلى لعمليات مخنا تقع فى المنتصف بين أنواع « ب » وأنواع « م » .

وهناك ، بالطبع ، المزيد بالنسبة لخطوط مرسمة المخ الكهربائية الحديثة غير توافق ألفا . والحقيقة الهامة التى توطدت ، على أى حال ، هى أن المخ آلة مصنوعة من عدد وفير من خلايا الأعصاب ، متصلة ومتشابكة مع بعضها ، تطلق بدون توقف طواير من التفرينات الكهربائية . وقد وصف السير شارلز شرفجتون الأمر كله بأنه « نول مدهش حيث تسج ملايين الوشائج البراقة نمودجا متحلا ، نمودجا ذا معنى دائما ، مع أنه ليس ثابتا أبدا » . ولكن بينما لا فهم بعد بالضبط كيف تعمل هذه الآلة - المخ - كما تتضمن كلمات شيرفجتون الخيالية ، فقد بدأنا نقدر أى نوع من العمليات هى . وبذلك يمكننا بالفعل استعمال تسجيلات التفرينات الكهربائية .

وقد وصف جرى والتر حالة غلام أرسل الى أخصائى ليجرى عليه فحص برمام المخ الكهربائى لأنه كان متأخرا للدرجة أنه كان يخشى أنه يعانى قصا عقليا . وبالفعل ، صفته نتائج الاختبارات على أنه ناقص بصورة واضحة ، لأنه - كما وجد - لم يستطع حتى قراءة الأسئلة . وأوضحت رسومات التفرينات الكهربائية الحادثة فى مخه ، مع ذلك ، أن الآلة الذهنية كانت فى حالة جيدة تماما ولكنها

تمتلك توافقيات ألفا بدرجة كبيرة ودائمة . وفي قول آخر كان غير قادر على تخيل الصور في ذهنه ، لكونه من طراز « ب » . وحيث أنه ممدوم الخيال بصورة قاطعة ، فلم تكن هناك فائدة من محاولة تعليمه القراءة بطريقة تصويرية ، كما يعلم أغلب الناس . أما إذا أمكن تعليمه بطريقة مناسبة كمفكر بحت ، كما كان يجب أن يكون ؛ فليس هناك من شيء يمنع هذا الضلام من التحول الى عبقرى .

وبوصلنا ذلك الى مسألة التعليم والتعلم . فالعمليات الأساسية التي تفسر كيف يتذكر العقل ليست مفهومة بأي تفصيل : ففي « ذاكرة » الآلة الحاسبة يمكن أن تدرج المعلومات بكثير من الطرق — على سبيل المثال ، كشرط مغنط أو سلك شبيه بما نجده في شريط التسجيل . أما كيف يتم ذلك في المجموعة المعقدة من خلايا الأعصاب التي تكون المخ ، فنحن لا نعرفه . وبالرغم من ذلك ، فما يقوم به المخ قد فسر تماما بالكامل . فوظيفته الأولى هي التمييز . وكان بافلوف ، العالم الروسى العظيم لوظائف الأعضاء ، واحدا من أوائل الذين أظهروا أن الكلب يمكن تعليمه بأن الجرس يعنى أنه سيحصل على غذائه . وبرهن ذلك باظهار أن دق الجرس في حد ذاته قد تسبب في أسالة لعاب الكلب « المتعلم » . وكان مخ الكلب يتلقى مجموعة متصلة من تسجيلات الأصوات من جميع الأنواع . ومع ذلك ، فقد تعلم أن يميز صوت جرس الغذاء الخاص من ضمن الصورة المشوشة للضجة العامة .

وحقيقة الأمر ، فإن مخ الكلب المدرب بهذه الكيفية يقوم بأداء عدة عمليات متميزة، فالفاضلة — أى تمييز صوت أو رائحة خاصة من بين خليط مشوش فقد تسبب فقط فعلا عكسيا ، كاستفاض الأذان أو الألف ، أو الاختلاج عندما يبرق الضوء . وقد يكون ذلك نتيجة للاقتران المباشر لاثنين من الأعصاب دون الرجوع الى التفاعلات الأكثر تعقيدا . ولكن عند تذكر انطباع ما ، يظهر عامل ثان للامتداد ، أو الاستمرار . وعندما يسبب تذكر ظاهرة ما حدوث تأثير آخر مختلف تماما ، نتيجة لتشابه خلايا العقل ، يظهر عامل الخلط .

أما جرى والتر فهو يأخذ الموضوع بتعمق أكثر ، حتى في تفسير العمليات المحتواة في « رد الفعل المشروط » البادى البساطة ، ويعترف على سبحة مراحل في تعلم كلب بحر مدرب ، أنه اذا صفق بزعاقة عندما يحدث سيده صوتا بأصابعه

فصيلة تقي سمكة • فجانب المراحل الثلاث من المفاضلة ، والامتداد ، والخلط ، ثم الجمع فهو يضع في القائمة التنشيط - أى ، يؤدى كلب البحر شيئا عن انطباعاته الذهنية - والحفظ ، أو التعرف على أن فكرتين مختلفتين تكونان متصلتين ، وأخيرا ، ارتباط العمليات البناءة • كل هذا من أجل ردود الفعل العكسية المشروطة البادية البساطة •

والكهربائيون الذين يدرسون النظام الآلى للمخ لديهم اليوم عددا ضخما من المشاهدات يضعونها في الاعتبار • وإن لم يفهموا تماما ماذا تعنى جميعها وكيف تنتج ، فقد ظهرت بداية ما على الأقل دراسة ميكانيكية التفكير • فقد تحدد حوالى اثنا وعشرون خطأ للاتصال الكهربائى مع أجزاء مختلفة من المخ • فهناك توافقيات غير توافقيات ألفا ، قد يتم واحد منها عن السرور وآخر عن الفشل • وترتبط أجزاء معينة من نماذج التفرعات الكهربائية بالتوتر ذهنى ، الذى يكون أحيانا حادا ، وأحيانا على هيئة حالات قلق مزمنة • ويعتقد أن الاثرانات الأكثر انتظاما تمثل عملية اصطيد للمعلومات ، تماما كما يدور هوائى الرادار فوق برج قيادة السفينة بانتظام دورة وراء أخرى باحثا عن انعكاس ليظهر للرجل الذى يراقب الشاشة أن شيئا قد أصبح في مجال الرؤية •

وقيام الآلة الإلكترونية للمخ بالاختبار صفة أساسية لنشاطها بالنسبة للأفكار البسيطة وللأفكار المعقدة • وقد اعتاد بافلوف في تجاربه الأولى مع الكلاب أن يعمل معهم في حجرات معزولة تماما ، صامتة - حتى تحقق أن هذا السكون المطبق كان في حد ذاته حافظا • وزيادة على ذلك ، فالعقل المتصائل بصفة مستمرة قادر تماما على التقاط الحافظ الجاد • فبالنسبة للكلب ، يكون الحافظ في دق جرس أورائحة كبدة محمرة ، وبالنسبة لكافندش ، يكون في منظر الندى داخل زجاجة تحجر فيها غازى الأيدروجين والأوكسجين ، ومن ثم اكتشاف تركيب الماء ، وبالنسبة لفلمنج ، يكون في ظهور غير متوقع لرقعة فارغة على لوحة بكتريولوجية. وبالتالي اكتشاف البنسلين !

والاعداد أيضا عادة هامة لنشاط المخ • فإذا أردت أن تقوم آلة حاسبة الكترونية باعطاء بيانات عن نتيجة انتخابات عامة فلا بد أن تزود مقمنا «بتعليمات» مع تسلسل التوصيلات الكهربائية المناسبة ، مثلا ، سلوك دائرة اتخايعية مع سلوك

أخرى ذات مشابهة خاصة معها • بنفس الطريقة فمخ الرجل الذى يوشك أن يعود الى منزله راكبا دراجته إلا بد أن يكون لديه تعليمات سابقة عن كيفية ركوب دراجة • ولن يجدى الرجل الذى لم يركب دراجة من قبل أن يمتطيها ويأمل أن يفسر فى رأسه كيف يقوم بذلك وهو فى طريقه الى المنزل •

وهذا ، رغم أهميته ، يعد أقل مستويات التحصيل ذهنى • وعندما تتدرج الى أعلى المقياس ذهنى ، تظهر ردود الأفعال المشروطة المكتسبة بالتعليم فى كل مكان • فالقدرة العليا تمتلك أجهزة الكترونية قادرة على التمشى مع أجهزة تناسل الى حد ما فقط • فعلية وضع الشريط الضرورية - بتعبير المختصين بالآلة الحاسبة الإلكترونية - يمكن تنميتها سريعا فى قرد ليعلم كيف يركب دراجة (أو على الأقل ، عجلة ذات ثلاث أرجل) • ولكن عندما نبدأ فى تعليم الأطفال الكلام وبعد ذلك بقليل نعلمهم القراءة ، فإن نظاما أكثر تعقيدا لخلايا العقل يكون مطلوبا • ففى أول الأمر يحتاج العقل بمشقة أن يضع ق - ط سوبا ، ولكنها فى فترة بسيطة تصبح ثابتة بأكملها وعندما نلمحها ، نسمع على الصور الصوت قط ، أو تصور الحيوان ، على حد قولنا ، بدون تفكير • فالاتصال المتداخل جزء من التنظيم المكون حاليا فى عقولنا • وبنفس الطريقة نبدأ فى قيادة سيارة ، نفكر بعمق فيما سيتبع - نضع قدما على الدرياج ، وعندما أخرى على دواسة البنزين ، نغير التعشيق يد ، وندير عجلة القيادة بالأخرى ، وتنتظر فى المرأة - أمن العجب فى شئ أن مبتدئا بعد ثلاثة أو أربعة مواقف تشنجية حرجة فى بادئ الأمر ، يوقف المحرك عفوا ؟ وفى فترة بسيطة ، على أية حال ، تستقر ردود الفعل ، ويقود السائق المتمرن سيارته بنفس السهولة التى يشئ بها ، فاسيا أن كلا الادراكين فى البداية كان لا بد أن يكتسبا بالتعليم •

ويفغل الرجل البالغ المتعلم مقدار ما كان عليه أن يعلم فى شبابه • اذ كان لديه فى البداية ردود الفعل المشروطة المنطبعة فى ذهنه ، تمكنه من أن يتكلم ويكتب ويمشى ويركب دراجة • وأطفال كثيرة تتعلم العزف على البيانو • و « التدريب » فى هذا السياق له كل من معناه التخصصى ومعناه العام • ولكن ذلك يتضمن أن بعض أفهم للموسيقى يكون على الأقل فى الحياة المقبلة جزءا من معدات العقل • وعمليات الحساب البسيطة تأتى إلينا طبيعيا فى كثير من ضجة

الحياة المتقدمة . وهكذا تدرج حتى أن عالم الرياضة المحترف يعرف ، كما لو كان بالفطرة ، رياضيات أكثر مما يجاهد الناس غير الرياضيين في الوصول إليها طوال حياتهم بأكملها . ونستطيع غالبا أن نقول أن الباحث الكيميائي يمتلك على هيئة رد فعل مشروط ، المبادئ الأولية للكيمياء التي يجاهد ابنه التلميذ في تعلمها بمشقة .

والرجل المتوسط ، إذا تصورا لفترة وجود مثل هذا الشخص ، يمتلك في رأسه مخا يحوى من خلايا الأعصاب الوفيرة ، التي تفرغ شحناتها في دفعات واحدة ما يمكنه من تمييز هذه الإشارة أو تلك عندما تدخل إليه عن طريق حواسه الخمس . هل نستطيع أن نقول ما هي امكانيات مثل هذه الآلة المفكرة ؟ فالرجل الذى لم يعلم القراءة لا يستطيع أن يأمل في تعلم الرياضيات الأساسية التي يعرفها عالم الرياضة بمجرد التطلع . ولن يستطيع أن يدرك المبادئ الأولية للكيمياء التي تعد الأدوات اللاشعورية العادية لباحث كيميائي . وهو إذا لم يكن قد سمع أبدا عن الطريقة العلمية ولم يعرف شيئا عن كيفية صنع العلم فهو لن يدرك أبدا شيئا عن كنه العلم ، ولن يتوقع منه أن يقوم بأى اضافة علمية جديدة .

وقد ابتدعت الدكتور موتيسورى طريقة جديدة تماما لتدريب العقل باستخدام الحواس الخمس كلها وليست واحدة فقط أو اثنين منها كما لك تستطيع بواسطتها الوصول والتأثير . وقد نجحت باستخدام مثل هذه الوسائل في رفع مدارك المتخلفين عقليا الى مستوى امتحانات الدولة في إيطاليا في مطلع القرن . فما الذى يمكن ألا نتوقعه من عقل شخص ليس متخلفا عقليا — من عقل « الرجل المتوسط » مثلا — إذا أمكن ايجاد طريقة لاستخدام كل امكانياته : وكما قالها الدكتور جري والتر « نحن معتادون على حالة الوسط كمتوسطات حسابية لحدود ما جاورنا ، لدرجة أنه من الصعب أن تصور القوة الذهنية لعقل عند قبرته الكاملة » . وما يتضمنه ذلك هو أن هناك كثير من طاقات العقل موجودة في الناس العاديين ، على حدة تماما من الملكات القليلة الحائزة لقدرات ذهنية من نوع بارز ، لتسمح بتقدم أكثر في الطراز الحالى من التفكير العلى وتجعل

الاستيعابات الجديدة تماما احتمالا جليا . فماذا تكون اذن متضمنات ظهور فصيلة جديدة من الرجال بقول أكبر وأكثر ملامعة من عقولنا ٩٠٠

وقد تزايدت فترة المراهقة الذهنية عشرة أضعاف ، من أبسط الحيوانات حتى القرد ، ومن القرد حتى الانسان . ونحن لا تفكر اليوم في عملية استمرار التعليم المتعارف عليه على المستوى الابتدائي حتى سن الخامسة عشر ، ثم المضي به الى سن الثمانية عشر أو التسعة عشر على المستوى الثانوى . وتشغل الجامعة ثلاثة أو أربعة أعوام أخرى ، ويستمر الاختصاصيون كالأطباء والمشتغلين بالأبحاث ثلاثة أو أربعة أعوام أزيد . فيبدو أن هناك ، ردود أفعال كثيرة جدا من المفيد أن تكون مشروطة . ومع ذلك نعرف أنه حتى في نظامنا الحالي للتعليم ليست عقولنا مدربة بالقدر الذى تعد له . وهذا التدريب ، دعنا نتذكر ، هو مجرد « عملية وضع الشريط » للآلة الحاسبة . والتعليم الذى يلحق هو بمثابة شيء تمهيدى ، فقط حتى يمكن استخدامه فيما بعد عندما يأتى الوقت « للتفكير » . فوحدة التحكم للآلة الحاسبة الإلكترونية ، تخبر الآلة بما عليها أن تفعل . فهى تضع ترتيب سلسلة العمليات التى عليها أن تؤديها وتحدد العلاقات الموجزة التى يجب أن تكون بين كل من هذه العمليات وبعضها . ويتم كثير من تفكيرنا بهذه الكيفية أيضا ، ولهذا السبب فإن ذلك النوع من العمل هو ما تستطيع الآلة الحاسبة القيام به أحسن مما نستطيع نحن . وفى الحالة الحاضرة من الأمور يمكن فقط لرجل أعمال عصرى أن يعتبر نفسه غير كفء اذا أخذ الى المنزل حقيبة محشوة بالأوراق ويمضى المساء كله ينعم النظر فى حساباته . اذ تستطيع الآلة الحاسبة المجهزة جيدا أن تستوعب حقائق بالقدر الذى يشاء أن يضع فيها ، وتحسب تأثيراتها على بعضها فى لحظة . ولكن بينما تستطيع الآلة الحاسبة تقدير الأمور المالية لشركة تنتج شرائح البطاطس على الفور ، فإن المقدرات البالغة التعقيد تماما للعقل البشرى تلزم لاستيعاب فكرة أن حقيبة من شرائح البطاطس ، تحتوى معظمها على هواء ، ستسد حاجة اقتصادية فى الحياة المتقدمة .

ونحن متفقون أن فى العالم الغربى ، يستغرق الأمر حوالى خمسة وعشرون عاما ، أو حوالى ثلث مدى الحياة ، لفرض ردود الأفعال المشروطة اللازمة على العقل ذى الحجم المتوسط الحالي ، ومن الجائز أن تتقدم عن ذلك . فاذا اكسب

الجنس البشرى عن طريق التغير أو خلال عملية النشوء عقلا أكبر وأكثر تعقيدا ،
فسيطلب ذلك قطعا تعلّما طويلا عاليا أكثر أهمية • وقد اعتاد ممثل الروايات
الهزلية ويل هاى فى فترة ما أن يكون مديرا لمدرسة متواضعة ، كانت تدعى كلية
تاركوفر ، حيث كان أحد التلاميذ مسنا أشيب الذقن يلبس قميصا نساءيا • وقد
يؤدى بنا تخطيط « عقل أكبر كثيرا من حجم العقل البشرى الحالى أن نجعل مثل
هؤلاء » التلاميذ « المسنين حقيقة واقعة •

وتوجد وجهة نظر أخرى للعقل كآلة الكترونية لم نفسها بعد ، فكلنا نعرفه
الأشخاص ذوى المقدرة الذهنية العالية ، الأشخاص الذين يتعلمون بسهولة ،
الذين لا يجدون صعوبة فى استيعاب الأفكار المجردة المعقدة ، الرجال والنساء
الذين يجتازون الامتحانات بدون متاعب كثيرة ، والذين قد تتصور جميعنا ،
أنهم يفضون لأخذ الدرجات بمرتبة الشرف الأولى كتمهيد لمنحة انتاجية ذات
امتياز عال — ولكنهم مع ذلك لا يفعلون • فهم عند مرحلة ما من تقدمهم يحدون
عن الطريق لسبب أو لآخر • فهل يفقدون الاهتمام أم أنهم يفضون ؟

والرجل السريع الغضب يمكنه أن يستثار اذا سطع ضوء متألّى فى وجهه ،
وعندما يغضب فان غضبه يمكن ملاحظته وقياسه بواسطة التفريغات الكهربائية
لمرسمة مخه الكهربائية كما تظهر على الورق البيانى • ومن ناحية أخرى ، اذا
أخبر رجل ذو هدوء عادى بشئ يمكن أن يثير غضبه فان الخطوط المميزة لما
يسمى بتوافقيات ثيتا تبدأ فى الظهور على ورق مرسة المخ الكهربائية ويمكن أن
يلاحظ أنها تسكن عندما يسترجع الرجل هدوءه بارادته •

وقد صنع العاملون فى معهد بوردن للأعصاب فى بريستول عددا من الآلات
يجرى التحكم فيها بواسطة أنظمة آلية تمثل فى أفعالها استجابات واحد أو اثنين
من الاتصالات العصبية بدلا من الملايين التى تعمل بالفعل فى العقل الحى • وهذه
الآلات ، بالرغم من أن جهاز التحكم الخاص بها معقد باعتبارها آلة ، فهو مبسط
بدرجة هائلة اذا قورن بعقول الحيوانات • غير أنها تعرض بعض السمات البشرية
غير العادية • وعلى سبيل المثال ، أجرى صنع آلة يمكن جعلها تتجه نحو مصدر
صغير قصير اذا لمع ضوء • وذلك بواسطة تشكيلة مناسبة من موتورات كهربائية
وخلايا كهرو ضوئية خفيفة الحساسية مثبتة فى أجهزة مسح ومكبرات صوت

حساسة • وحين أطلقت الصفارة بصفة مستمرة ، على أى حال ، ولمع الضوء بعد ذلك رفض « المخلوق » أن يأتي • وبالمثل ، اذا ترك الضوء لفترة طويلة فانه لا يقوم بأداء ما أخبر به عند اطلاق الصفارة • وبعد ذلك صنع القائمون بالتجربة فى الآلة دائرة تجعلها ترتد وتعود عند لمس غطاءها • وقد نظم ترتيب الدوائر على أساس أنه بعد فترة من التدريب ، أو « للاعداد » ، تطلق خلالها الصفارة أولا ثم يدفع الغطاء ، مسببا للآلة أن ترتد ، ويعود « الحيوان » الميكانيكى ، فقط عندما تطلق الصفارة • واكتشف أيضا تعقيد آخر • فعندما يكون مشغولا بالارتداد والافلات ، لا يمكنه أن ينتبه ثانية الى وميض من الضوء الذى باشتراكه مع صوت الصفيح ، كان هو الاشارة الأصلية للتحرك للأمام •

وقد صنع حتى الآن عدد من « الحيوانات » الميكانيكية بدوائر تحكم بسيطة نسبيا ذات حساسية لعدد قليل من الدوافع المؤثرة على عقل انسان أو حيوان • وبالرغم من أن أنظمة التحكم فى هذه النماذج متناهية البساطة بالمقارنة بالمراكز العصبية التى صممت لتقليدها فقد أثبتت أنها من التعقيد بدرجة كافية لتظهر مسألة هامة • فقد أوضح ماسرمان ، بشيكاغو ، أنه يمكن تعليم قطة أن تضغط على جرس ثلاث مرات لتحصل على الطعام • ولكن ، اذا حدث لها عند أدائها لواجبها المكتسب بالتعليم بدين الجرس ثلاث مرات ، أن أزججت برقن أثناء ذهابها للحصول على الجزء الذى اكتسبته ، كان تهب نفخة من الهواء فى وجهها مثلا ، فهى سريعا ما تتجه وتصبح موجسة ، وترفض أن « تستعمل عقلها » لتضبط الجرس مرة أخرى حتى اذا سبب لها نقص الطعام المترتب على ذلك أن تصبح هزيلة وتمرض • فهى غالبا ما تهاجم زرار الجرس وتمضه وتمضشه •

وهذا النوع من السلوك — فقد المعرفة المكتسبة والمزاج الحاد — يمكن أن يقلد بأمانة كبيرة بواسطة الطراز من النماذج الميكانيكية التى أنشأها معهد بوردن للأعصاب التى وصفتها قبلا • فعندما تنشئ ماكنة من النوع « أمزجة » من التجه أو التهيج يمكن اصلاحها بتركها لشأنها فترة ، أو باقتال دوائرها كلها

ثم فتحها مرة أخرى • وفي بعض الأحيان ، مع ذلك ، يكون من الضروري أن تفصل جزءا من الدوائر ونبسطة • وتذكرنا طرق المعالجة هذه ، على الأقل ، بما يعمل عليه الطبيب النفساني مع المريض • فهو قد يصف النوم أو الصدمة ، أو الجراحة ، كعلاج •

والعقل البشري ، الذي يعالج الانسان بواسطته أمور الحياة المتعددة والذي ابتدع بواسطته أنظمة العلم المنطقية ، عضو بالغ التعقيد ، فهو عضو يمكن أن تفهم طبيعته • اذ تستطيع الآلات الحاسبة الالكترونية الكبيرة العامة الأغراض أن تقوم بأداء كثير من الأشياء التي تؤديها العقول • وهذه الآلات الحاسبة ، مع ذلك ، يمكنها أن تؤدي فقط ما تؤمر به ، وهذه الأوامر صادرة لها لفرض خاص • أما العقول ، والعقول فقط ، فتستطيع أن ترى أغراضا جديدة وغير متوقعة •

وتعمل أنسجة المخ التي تحمل الاحساسات والأفكار بواسطة دفعات كهربائية وعلاقات كيميائية متداخلة • ولذا فإن العلاج بالصدمة الكهربائية الذي يستخدمه الطبيب من الخارج ، يمكنه أن يحدث اضطرابا في وظيفتها ويغير من « هيكل العقل » لمريض بالشيزوفرنيا • والتغيرات الكيميائية ، كتركيز متوسط من الكحول في الدم ، أو قليل من الأثير ، أو شيء آخر أقوى ، كالأفيون ، مثلا ، أو مهدئ حديث ، يمكنها أيضا التأثير على الطريقة التي يعمل بها المخ • والعوامل البيولوجية ، أيضا ، تحدث تأثيرا على هذه الآلة المفكرة في رؤوسنا • فقد أثبتت التقارير وجود بروتينات غير عادية في مجرى الدم في المصابين بالشيزوفرنيا ، كما يمكن أن تحدث العدوى هلوسة وهذيانا • ووظيفة العقل التي تفسر لنا العلم على أنه ، خليط من الفيزيكا ، والكيمياء ، والأحياء ، إنما هي أبعد من ذلك • فبإمكانها ، في الواقع ، أن تتخطى حدود العلم •

الفصل الثامن

تقريبات الحقيقة

لقد اعتدنا على العالم الواقعي الذي نعيش فيه حتى أننا نميل الى اعتباره امرا مسلما به . وعندما نقرأ هذا ، نعتقد أنك تعرف أى نوع من الأشخاص أنت ، وما هو اسمك وعنوانك ، وما لون غلاف هذا الكتاب . كما أنك متأكد من أن اثنين واثنين تساوي أربعة ، وأن البارود مصنوع من فحم الخشب والكبريت وملح البارود ، ومما يكون الفرق بين التيارات الكهربائية المتغيرة والمستمرة . ثم فى يوم ما وأنت تغسل يديك ، يحدث أن تنظر فى المرآة فوق الحوض وسيخطر بذهنك شك مفاجئ . « هل ذلك أنا حقا ؟ » « ماذا أفعل هنا ؟ » « ومن أنا ؟ » .

وكل شخص منا منفصل تماما عن كل شخص آخر . كيف تعرف أنك قرأت كتابا ؟ قد يكون الأمر بأكمله وهما . كيف تعرف أن الأحمر أحمر ؟ فقد يبدو اللون أزرقا لعينى كل الأشخاص الآخرين . وقد لخص الأب رونالد فوكس هذه الشكوك فى قصيدته الشهيرة :

كان هنالك مرة رجل قال ، « حتما ،،،،، سيحبب الرب الأمر شاذا جدا : لو أن هذه الشجرة تستمر فى بقائها ،،،،، عندما لا يكون هناك أحد حولها فى الغناء » .

والسؤال عما اذا كانت الشجرة التى تسقط فى الصحراء بعيدة عن أقرب رجل تحدث أى صوت ، فيه كذلك شك مماثل ، وإن كان بتعبير مختلف .

ونظام العلم كله ، المتشابك المعقد ، الذى ناقشناه فى الفصول السابقة من هذا الكتاب ، يعتمد على حقائق وقياسات ، التى تدرك كل منها خلال حاسة أو أخرى من حواسنا الخمس وتسوى فى أذهاننا بهذه الطريقة . وليس هناك تأكيد نهائى بأن حواسنا لا تكذب . ودعنا تتجاهل للحظة ، مع ذلك ، هذا الشك فى صحة عقولنا ، ونعتبر أننا نرى الأشياء بالفعل كما هى حقيقة ونقرأ نفس المعنى من نفس مجموعة الحروف باكر كما نقرأها اليوم . وربما يمكننا أن نتجاهل أيضا حقيقة الاعتقاد العلمى الحديث بأن العالم مكان نظامى منطقى لا تحدث فيه معجزات ، وفيه يمكن ملاءمة كل مشاهدة فيه بنفس النظر عن كونها غريبة وغير متوقعة فى الظاهر ، فى نوع ما من الفرض المنتظم ، هو مجرد موضوع عقيدة . وذلك بالطبع هو المذهب العلمى الحديث . ولكنه ، مفترض وليس من الثابت أنه صحيح ، بالرغم من ذلك ١٥

وقد كتب حديثا البروفسور نورود هانسون كتابا سرد فيه عددا من الأمثلة ليبين أن الحقيقة ليست « شيئا » مؤكدا لا يمكن أن تخلو من الجدل ، ولكنها تتأثر كثيرا جدا بحالة ذهن الرجل الذى قام بالمشاهدة . وعدد قليل جدا من الناس قادرين على تصديق الحقيقة « خالصة » . وأغلبنا تقريبا ينظر الى الحقيقة فى ضوء الادراك السائد للعالم . فنحن ننظر الى ساق الشجرة ونرى ، عند منتصفه ، أربعة مخالب لدب يتسنى الشجرة على الجانب الآخر من الساق من حيث وقف . ونحن نرى فقط مخالبه وهى تخلص طريقها لأعلى . فكيف نعرف أن بقيته دبا ، وليس ربما نوعا شاذا من الخنزير ، مثلا ، له أرجل دب ؟ والجواب هو ، بما أننا لسنا رجالا من الفضاء الخارجى ، فإن لدينا خبرة بعالمنا الخاص ونعرف أى نوع من الحيوان يكون الوحش الوحيد المتوقع أن يكون متصلا بذلك النوع من المخالب . وتلك ، نوعا ما ، طريقة غير علمية غريبة للوصول الى استنتاج عن مشاهدة ، ولكننا نقوم بأدائها دائما ، غافلين عن أن أول أوربيين شاهدوا زرافة لم يصدقوا أنها حقيقة . وقد أثبت لنا اينشتين فى عصرنا الحالى أن وجهة نظر مختلفة للعقل يمكن أن تؤدي الى صورة مختلفة تماما للعالم عن تلك التى تعودنا عليها .

ولدينا مجموعتان من الصعاب فى التقرب الى الحقيقة عندما نقوم بعمل أنظمتنا العلمية . الأولى هى جهلنا بالأصل الأساسى لخبرائنا - أى الشك الذى

يلازمنا فيما اذا كان ما فراه ونحس به وهديره موجودا بالفعل • ما اذا كان وزن ولون وصوت الشجرة الساقطة في الصحراء لها أى وجود مطلق من ذاتها أو ما اذا كان لا يبد من وجود شخص ما ليسجلها قبل أن توجد على الاطلاق • ولهذا الشك ، ربما ، قسمان يجعلانه أكثر صعوبة تماما في مكافحته ، لأنه ، حتى اذا أمكن الجدال بأن الكرات النحاسية والتفاح ، التي تسقط طبقا لقواعد قوانين نيوتن للحركة ، حقيقة سوء وجد هناك شخص ليسكها أم لم يوجد ، فقوانين نيوتن هي مجرد مجموعة من الأفكار اللامعة • والكرات النحاسية موجودة ، قد نقول ذلك ، حتى اذا لم يوجد أحد ليراهها ، أما الأفكار اللامعة فلا يمكن أن توجد بدون وجود السير اسحاق نيوتن •

ونوع العقبة الثانية عن الحقائق دنيوى وفنى أكثر • فهو ينبع من تعقيد الظواهر الطبيعية التي تفكر فيها • فالوزن يبدو مجرد شيء بسيط الى أن تذكر أنه يعتمد على قوة الجاذبية وبالتالي فهو يتغير تبعا لبعدها عن مركز الأرض • وحركة العمل الذي يقاس فيه لها أيضا علاقة بالموضوع • فواضح أن رجلا يحاول أن يزن عشرة جرامات من كربونات الكالسيوم على ميزان موضوع فوق منضدة داخل مصعد ، سيحصل على النتيجة الغير صحيحة اذا قام بإجراء قياسه عندما يكون المصعد بادئا في النزول الى القاع • وحتى اذا وضع الميزان الذي تجرى عليه عملية الوزن على قاعدة من الخرسانة في الدور الأرضى من المبنى • فقد يحصل العالم على النتيجة الغير مضبوطة اذا حدث أن سببت صدمة سيزمية زلزال بعيد تحرك أساسات المنزل في اللحظة الحاسمة • واذا أردنا أن نكون مدققين بالفعل فلا بد أن نضع نصب أعيننا - كما فعل اينشتين - أن أكثر الموازين ثباتا وأرسخها على الأرض يدور في النظام الكونى أثناء دوران العالم حول محوره وحول الشمس في نفس الوقت • وعندما نقول « يدور » فنحن لا نعنى أبدا أنه يلف في دوائر ، حيث أن المدار الذي يتبعه كوكبنا بالفعل يضاوى الشكل •

ومهما كان ، فأنا لا أريد عند هذه النقطة أن أضيق الخناق في غير ما داع على صعوبة عمل مشاهدات دقيقة فعلا • فسأترك الى وقت قادم مسألة التقريبات التي ، سواء تحققنا منها أم لم نتحقق فنحن معنادون على التسليم بها كحقائق • والأمر الذي أريد عرضه الآن هو صعوبة ثلاثة تواجه العالم الذي يحاول

تطبيق الطريقة المباشرة في الظاهر لتجميع حقائق يبنى منها نظريات سيؤكدها بالتجربة بعد ذلك — أو ينفيها . وهى أن الحقائق والتجارب لا بد أن تسجل في كلمات . والكلمات ، مثل الحقائق ، تغير معناها تبعا للسمات العقلية للناس الذين يستخدمونها . وهناك ثانية ، يبدو ، أن الرجل الذى يدون مشاهدة عن الطبيعة يدخل شيئا من ذاته في الحقيقة التى يحاول تسجيلها .

ودعنا نفترض ، أن بيولوجيا ، يجمع ويقيس ظواهر متعلقة مثلا بتجديد نسيج حى معين ، ولديه ظروف مناسبة ليسجل مشاهدة ما عن الجروح . وكلمة « جرح » قد تؤخذ سطحيا لوصف حقيقة بسيطة ، حالة من الحوادث . ولكنها ليست كذلك . ودعنا نسلم بأن الكلمة تعنى تلفا لتركيب حى أكثر خطرا من خدش . والعملية الجراحية مع ذلك ، مهما كانت شديدة ، ليست جرحا ، حتى اذا تركت الأنسجة في نفس الحالة بالضغط ، ولا كذلك الحفر في المادة الحية من شجرة مطاط ، ولا وصم الماشية بالنار . ولذلك ، فإن الكلمة « جرح » تحمل معها كل متضمنات فهمنا لما نعنى بالحياة والحى — موضوعات هى نفسها محملة بنظريات ومتضمنات — بجانب مجموعة من افتراضات عن سبب الضرر . فهل يمكنك أن تصف بترافقوسيا — كخرق أذن شخص من أجل الأقراط ، على سبيل المثال ، أو خصى الثور — على أنه جرح ؟

والفلكى الذى يعلن وجود فوهات براكين على القمر يؤدى في الواقع أكثر من تسجيل حقيقة . و « فوهة البركان » ، كالجرح ، كلمة مثقلة بمتضمنات . فثقب في الأرض ذو شكل معين ليس فوهة بركان . فالحفرة قد تتضمن فورانا بركانيا ، أو سقوط شهاب ، أو الصدمة الانفجارية لقذيفة مدفع أو قنبلة . وكلمة « سم » أيضا ، ليست تعريفا بسيطا لمادة . فإلزامها أولا ، مفهوم الحياة والوظيفة العادية للذات سيضطران بفعلها ؛ وثانيا ففكرة نوع من مركب كيميائى قادر على التداخل الضار مع الحياة . فالزجاج والصلب يتكونان من مركبات كيميائية ، ومع أن ابتلاع الزجاج المسحوق والدبابيس قد يؤدى الى اىذاء الكائنات الحية ، فهما ليسا مدرجين في التعريف المادى للسم .

وهذه كلمات عادية شائعة الاستعمال ابتكرت لتسجل مشاهدات عادية .
وبالمقارنة بها ، فالكلمات المفروضة أنها أكثر دقة عن العلم قد تكون محملة بشدة
أكثر بتضمنات غير معبر عنها . فالأوصاف الموضوعية الادعائية لدرجة
الحرارة والكتلة والسرعة والزمن ، الى نهاية هذا الصف الذى يصل بنا الى
الدلالات الأكثر سفسطائية للحضية ولامتصاص الضوء فوق البنفسجى ، هى
في الواقع مليئة بأراء سبق ادراكها عن كيفية استطاعة الانسان القيام بعمل
القياسات في معمله ، بعيدا تماما عن كل مصادر الخطأ في المبادئ الرئيسية
التي تبنى عليها الطرق العادية لعمل كل قياس .

ويوضح البروفسور هانسون التحقيدات والافتراضات الأساسية في كلمة
تبدو بسيطة مثل « شد » فلشد شيء يعنى عادة جذبه للخارج ، مع الاحتمال
بأنه سيرجع ، على الأقل ، حتى ولو الى حد ما ، الى شكله الأصلي . ونعني
شد أربطة البلاستيك والزنبركات والعضلات والملابس المنكمشة . ولكن هل
شد قرصا من الزبد ؟ أو منظارا مكبرا ؟ أو مروحة عندما تفتحها ؟

والكلمات المليئة بالنظريات تزدهم في رأس أى عالم بدرجة تجعله ينسى
أحيانا أنها ليست واضحة ودقيقة كما تبدو ، وقد يحمل نفسه غالبا على الاعتقاد
بأنها تصف حقائق جلية . فالخطوط المتوازية لا تلتقى أبدا . بالضبط طالما
تفترض أن الورقة التي رسمت عليها (أو العالم الذى توجد فيه) ليست ملفوفة
على هيئة ماسورة . و « عازل » كلمة ليس لها معنى واضح الا اذا عرف الفرد
« الكهرباء » و « التيار الكهربائى » اللذان هما في ذاتهما أفكار معقدة . ثم
ان كل المدركات الأكثر تكنولوجيا التي يستخدمها العلماء تحمل معها مجموعة
من افتراضات مبنية على الأجهزة المستخدمة في قياسها . وقد يتذكر الباحث
العلمي المحترف هذه الحقائق أحيانا في حياته الاعتيادية المزحمة اما في أغلب
الأحيان فهو لا يتذكرها . والوزن الجزيئى والرقم الذرى ؛ والطريقة الشائعة
لتحديد درجة الحمضية والقلوية (المسماة « بقياس ^{PH} ») ؛ نقطة الغليان ؛
النفول والأمير - كل هذه المصطلحات تعتمد في معناها الدقيق على الطرق
الأصلية التي حدثت بها أول الأمر وعرفت .

ويتعامل العلم مع حقيقة حالة الأمور في الكون الطبيعي • وكما رأينا ، فالواقع يأتي إلينا فقط من خلال حواسنا • والحقائق التي ندركها قد تكون معقدة ومحيرة في معرفتها ، فالذي نعرفه لا بد أن يعبر عنه في كلمات ، وهي أشياء خادعة في استعمالها • وبعد هناك شرك آخر ينبع من الدافع الذي لا يمكن الهروب منه غالبا الذي يشعر به كل الباحثين من البشر في صراعهم ليلفوا فوعا من النظام في العالم المشوش الذي يراه الرجل البدائي الجاهل - أي ، كل شخص يجعل العلم • والسؤال الذي يتبادر سرعا إلى الذهن هو ، ما سبب هذه الظاهرة ؟

وقد يسأل عالما طبيا نفسه وهو يفحص مريضا ؛ ما سبب مرض هذا الرجل ؟ هل سيجيب : التهاب الرئة ؟ ولكن سبب التهاب الرئة كان ميكروبا يسبب الوباء • ولذلك ، إذا أجاب بأن الميكروب كان السبب في موت الرجل فمن الممكن أن يكون محل اعتقاد ، لأن نوعا خاصا من البراغيث الحاملة للميكروب هو ما أحدث الضرر • أو هل يلوم الجرذان التي جلبت هذه البراغيث ؟ أم السفينة التي أحضرت الجرذان إلى الميناء ؟ أم موجات اللاسلكي التي حملت أوامر صاحب السفينة إلى القبطان مخبرة إياه بالتوجه إلى ميناء • بدلا من ميناء ب •

وهذا النوع من المشاكل بعيد الإدراك تماما • ودعني أعطي مثلا من الكيمياء الصناعية عن نوع شيء يحدث • يلاحظ كيماوي اللون الوردى لأنبوبة اختبار • فيها ورقة عباد شمس زرقاء تحول إلى حمراء • ما السبب ؟ وليس هناك جدوى في أن تقول أن الورقة تحولت حمراء لأن المحلول تحول إلى حامض • فذلك ليس مفيدا بل مرة • فسلطات النوشادر كانت تغطي للخميرة التلمية في وعاء تخمر لتزود خلايا الخميرة بالنيتروجين • وفي ظروف التشغيل العادية تسوى الأمور بحيث تصل درجة الحمضية عند مستوى سبق تحديده • وقد يكون تزايد نمو البكتريا المكونة للحامض في النظام هو أحد أسباب تحول ورقة عباد الشمس إلى حمراء • ولكن ، دعنا نفترض أن سبب هذه العدوى هو العبوة الغير صحيحة في غطاء علبة الحشو الخاصة بالطلبة التي سمحت بدخول العدوى • ومن ناحية أخرى قد تكون الحمضية في النظام نتيجة لافراط في استهلاك الخميرة السريع للنيتروجين ، تاركة وراءها كميات كبيرة من

كبريات غير منتظرة من الأمونيا . ولكن ذلك بدوره قد يكون بسبب حدوث طفرة وراثية للخميرة ، التي ، عند نموها في مصنع ، تنتج جيلا جديدا كل تسعين دقيقة أو ما مائل . والسبب في الطفرة قد يكون ، في الواقع ، تجربة انتجار لقنبلة هيدروجينية في فيفادا والتي ، لذلك ، يجب أن نغزو إليها التغير في لون ورقة عباد الشمس الذي يراه الكيماوى في اللون الوردى المراقب . وواضح أن المشكلة بالنسبة للعالم الذي يجاهد في بلوغ ترتيب ونظام في مختلف الظواهر التي يلاحظها ، هي أن ينتقى من كل الحقائق تلك التي تتلائم مع بعضها ويختار من تسلسل الأسباب السبب النافع الوحيد .

وذلك أحيانا صعب التحقيق للغاية حتى عندما تكون الحقائق جاهزة . والصعوبة أنه لكي يتم الاختيار المضبوط لابد للإنسان من أن يفكر - ربما في عكس اتجاه الأفكار السائدة المسلم بها . ففي منتصف القرن السابق لاحظ الدكتور المجري اجناز فيليب سملفيس حقيقة أن بعضا من الأدلة التي وجدت عند أحد مساعدي المعمل الذي مات بعدوى التقطها أثناء التشریح في مستشفى كانت تشابه تلك التي شوهدت لدى النساء اللاتي يتوفين أثناء الولادة من حمى النفاس وهي ما كانت في ذلك الوقت لعنة مستشفيات الولادة . وقد أبلغ ملاحظاته الى المجلس الطبى بفينا وقدم رأيا بأن سبب حمى النفاس قد تكون عدوى نتيجة لنقص احتياطات التعقيم في المستشفيات . وكانت الحقائق ، أن عدد حالات الوفاة من حمى النفاس قد أظهر تناقصا سريعا عندما استصوبت اقتراحاته ولجأ كل الذين يلامسون النساء في الولادة الى غسل أيديهم وطهرت عنابر المستشفى بفسلها بالكلور .

وقد رفض الأطباء المولدون الأوائل في فيينا ، مع ذلك ، أن يسلموا بهذه الحقائق كحقائق ، وأجبر سملفيس على الانتقال من فيينا الى بودابست . وبعد ذلك بسنين قليلة ، عندما رفضت بالمثل اكتشافاته الأخرى التي فسرهما ، هجر عمله ومات . ومضت عشرون سنة قبل اقرار صحة حقائقه واستنتاجاته منها . وعندئذ أقاموا تمثالا له في بودابست !

والاستبصار المتأخر دائما يكون أسهل كثيرا من التبصر حتى أننا يجب علينا حماية أنفسنا من الاعتقاد بأن كل الناس في التاريخ - وعلى الأخص أعضاء

المهنة الطبية في فيينا في القرن التاسع عشر - كانوا أكثر غباء منا فحسن الناس الحديثين الذين عرفوا أكثر منهم بكثير . فهذا خطأ خطير . فأطباء الولادة النمساويون كانوا يذلون أقصى جهدهم ويتبعون الحقائق كما رأوها . ولسوء الحظ ، فهم لم يروها على الوجه الصحيح ، والسبب الرئيسى فى ذلك هو أنهم لم يكن لديهم المام بعبادىء علم الاحصاء .

وقد قيل أن الأشياء المؤكدة الوحيدة فى هذه الحياة هى الموت والضرائب . وإذا أهملنا الأخير لفترة فالأولى صحيحة بدون شك . فنحن نموت جميعا . ومن ناحية أخرى ، فهناك حقائق أخرى كثيرة صحيحة كذلك ولكنها ليست بالسهولة التى نرى أنها صحيحة بدون تقدير لفكرة التقريبات الاحصائية للحقيقة . فنحن نعرف الآن أنه صحيح أن البكتريا التى كانت تحملها أيدى وملابس ومعدات الخدم فى مستشفيات الولادة هى سبب حمى النفاس . ولكن ذلك لا يمكن اثباته بطريقة بسيطة كحقيقة . أن كل فرد سيموت ان أجلا أو عاجلا ، فمثلا فى العنبر المكون من ستة أسرة لن يلتقط المرضى الستة جميعهم حمى النفاس عندما تقوم على خدمتهم نفس الممرضة الناقلة للعدوى .

وربما يمكننى اظهار هطتى بوضوح أكثر بالاشارة الى الاقتراح بأن أقرص الفيتامين تعد وقاية ضد البرد . وقد تقرر ذلك تقريبا كحقيقة . وما يحدث هو الآتى . يعانى رجل ما فى أحد الأعوام من مجموعة من أمراض البرد خلال فصل الشتاء . ويتذكر أنه أصيب بأولها فى نوفمبر ، ثم أفسد عليه مرحة فى عيد الميلاد رشح كلى ، وفى فبراير ابتلى ثانية بشدة ، وقضى يوم الجمعة الحزينة فى السرير محاولا التخلص مما اعتراه قبل حلول أجازات عيد القيامة . وفى الخريف التالى أوصاه أحد الأشخاص بتعاطى أقرص الفيتامين . وقد فعل ذلك وظل طوال العام سليما من البرد ، باستثناء مرة خفيفة يشعر هو أنه يستطيع تجاهلها بسلام . وهو لذلك يجادل فى أن أقرص الفيتامين كانت السبب فى مقاومته للإصابة ، وحقيقة الأمر ، مع ذلك ، قد تكون أنه لم يتعرض للعدوى بالمصادفة خلال السنة المشار إليها ، أو أن التطعيم الشديد خلال الشتاء الماضى قد رفع حصاقته الى مستوي يكفى ليقيه ، أو ربما كان الفيروس السائد فى هذا الموسم ضعيفا نوعا ما .

وبالمصطلحات الاحصائية يمكن القول أنه خلال أى عام فى أى مجتمع خاص توجد درجة معينة من الاحتمال بأن فردا سيصاب بالبرد خلال شهر ديسمبر مثلا . ودعنا نفترض أن هذا الاحتمال عشرة لواحد . فهو لذلك اذا لم يتعاطى أقراص فيتامين على الاطلاق فهناك تسعة احتمالات من عشرة أنه لن يصاب بالبرد ، وحتى اذا تعاطى أقراص كل ديسمبر لمدة عشرة أعوام بلا انقطاع ولم يصب بالبرد فى ديسمبر ، فان براءته قد تكون نتيجة للصدفة بنفس الدرجة التى يمكن بها أن يكون نتيجة للفيتامينات .

والاحصاء فرع من الرياضيات ، الذى بالرغم من أنه أهل لاساءة الاستعمال، تم تطويره فى السنين الحديثة الى أداة علمية رئيسية . فحل مشكلة الاستشفاء من البرد بالفيتامينات يمكن أن يعالج هكذا . تختار مجموعتان من الناس . وتعطى أقراص الفيتامين لأحد المجموعتين وتعطى أقراص مقلدة ماثلة فى الطعم والحجم والمظهر ، للمجموعة الأخرى . ولا يعرف أى المجموعتين أى نوع من الأقراص يحصلون عليها ، ثم تحفظ سجلات لمواضى البرد لكلتا المجموعتين خلال الشتاء . ودعنا نفترض أن ٦٢ من ١٠٠ من المجموعة التى تتناول أقراص الفيتامينات سلموا من البرد ، بينما ٥٤ فقط من ١٠٠ من جماعة « المراجعة » الأخرى التى تتعاطى أقراصا زائفة ، قضوا الشتاء معافين من البرد . فهل يعنى ذلك أن الفيتامينات قد نفعت ؟ ولو توضع فى مصطلحات رياضية ، تصبح تلك العملية : هل الفرق بين ٦٢ و ٥٤ بالمائة له دلالة احصائية ؟

والاجابة على السؤال بما اذا كان ٦٢٪/ تختلف بصورة ذات معنى ، بالمصطلحات الاحصائية عن ٥٤٪/ هى أنه من المستحيل الاجابة مزودين بتجربة عام واحد فقط . فاذا كان ٥٤٪/ على سبيل المثال من مجموعة الناس الغير متعاطين للفيتامينات الذين درسوا فى ديسمبر سنة ١٩٥٩ قد وجدوا معافين من البرد ، وفى ١٩٥٧ ، ١٩٥٨ ، ١٩٦١ كانت الأرقام ٤٠ ، ٧٠ ، ٦٠ فى المائة على التوالي ، فواضح أنه ليس من الصواب أن ندعى أن ٦٢٪/ خلو من البرد فى المجموعة المتعاطية للفيتامينات كانت تعنى أى شئ . فمن أجل أن نحكم بما اذا كان الفرق بين مجموعتين من المشاهدات له دلالة احصائية ، من الضروري أولا معرفة ما هو مقدار الفروق التى تحدث فى الظروف العادية فى كلا المجموعتين عند اعتبار كل منهما على حدة . وواضح أنه اذا كانت نسب الذين

لا يصابون بالبرد مع القيتامين هي ٦٢ ، ٧٠ ، ٤٠ ، ٥٠ بالمائة في أربع أصوام متتالية ، بينما كانت نسب هؤلاء الذين لا يتعاطون القيتامينات هي ٥٠ ، ٤٠ ، ٧٠ ، ٦٠ بالمائة ، فليس هناك أى فرق ذى مغزى احصائي بين ال ٦٢٪ من الذين لم يصابوا بالبرد مع تعاطيهم الأقراص وال ٥٤٪ من الذين لا يتعاطون الأقراص في عام واحد بالذات . ومن جهة أخرى ، اذا كانت الأرقام هي ٦٢ ، ٦١ ، ٦٥ ، ٦٠ في المائة لهؤلاء الذين يعالجون و ٥٤ ، ٥٣ ، ٥٥ ، ٥٢ في المائة لهؤلاء الذين لا يعالجون فالواضح بالمثل أن الفرق بين مجموعتي الأرقام له مغزى من النواحي الاحصائية .

ومسألة درجات الدلالة هذه مسألة هامة . فالاحصائي نادرا ما يكون متأكدا من حقيقة أى شيء . ومايستطيع أدائه هو أن يحسب مقدار احتمال صحة أى حالة . فيمكن على سبيل المثال ، حساب أن فرقا ملاحظا في محاولة ما له دلالة عالية ، ن = ٠.٠٥ . تدل على أن مرة واحدة في عشرين مرة يحدث الفرق بالمصادفة ، حتى يبدو محتملا جدا أنه ليس من قبل المصادفة . فاذا كتب الاحصائي أن شيئا له مغزى احصائي عال ، ن = ٠.٠١ ، فذلك يعنى أن من المحتمل جدا أنه حقيقى ، ولكن هناك فرصة واحد من ١٠٠ أن الأمر كله مصادفة .

والاحصائي محق تماما في أن يكون غير واثق . وقد يبدو غريبا بعد مناقشتنا المطولة للعلم في الفصول السبعة السابقة من هذا الكتاب ، وبعد تعريف العلم تكررنا على أنه شيء مؤسس بدقة على الحقائق ، أن نصل الآن الى المرحلة التى نزع فيها أن التأكد لايمكن غالبا الحصول عليه في العلم . فقد تكون لدينا درجة عالية من الاحتمال في أحيان كثيرة تماما ، ولكن التثبت المطلق نادر فقط . والرياضة مادة نظرية خالصة يمكننا فيها أن نحدد الحقائق والظروف لتلائم أنفسنا . ففي الرياضة يمكننا أن نثبت كما فعل فيثاغورس في الأزمنة القديمة ، أنه في المثلث القائم الزاوية يكون مربع الوتر مساويا مجموع مربعي الضلعين الآخرين . ولكن ذلك مفهوم نظرى فقط . فهو ليس صحيحا في الحياة الفعلية .

وقد أظهر ذلك كله بوضوح تام ج.ل . سينج في عام ١٩٥١ ، خذ مسطرة جيدة ، وقطعة من الورق ، ومثلثا للرسم وارسم مثلثا قائم الزاوية طول كل من

ضلعيه المتعامدين قدم واحد بالضبط . ينتج ، على ذلك ، أن المربع المقام على الضلع الثالث يكون $21 + 21$ ، أى ٢ قدم مربع . والآن ، قس طول هذا الضلع بعناية وستجد أن طوله ١٧٤١٤ قدم . ولكنك اذا ضربت ١٧٤١٤ في نفسها لا تحصل على ٢ كالأجابة . فستحصل على ١٧٩٩٩٣٩٦ والنظرية ، كما وضعناها في الفصول السابقة من الكتاب ، تقول أننا لا بد أن نحصل على ٢ ، ولكننا لم نحصل على ذلك بالضبط . والفرق بسيط ، ولكنه ليس تافها . وكما سأحاول أن أصف بعد قليل ، فوجوده يكون ذا أهمية رئيسية في التفكير العلمى الحديث تأمل الآتى . بدلا من رسم المثلث بقلم وورقة ، دعنا نحفره على صفيحه من البلاتين المصقول ونحدد وضع الاضلاع بميكروسكوب . وحتى اذا تم عمل ذلك فان طول الوتر سيظل غير مساو بالضبط للجذر التربيعى ٢ . وكما أثبت فيشاغورس أن المربع على الوتر مقداره ٢ ، أظهر يوكليد بدوره أنك لا يمكن أن تحصل على ٢ بتربيع أى عدد على هيئة كسر عشرى محدد حتى لو مددته الى مليون رقم عشرى .

وهناك بالطبع ، عددمن الصعوبات تمنع الفرد من الحصول على دقة في قياس الرتبة المثلة بمليون رقم عشرى ، أو أى شئ يماثلها . بعضها مجرد صعوبات فنيه قد يمكن التغلب عليها . ولكن الصعوبة الأساسية أنك في النهاية ستجد نفسك محاولا أن تقيس مسافات تقارن بتلك التى بين جزيئات البلاتين المكوفة للصفحة ، ثم بين الالكترونات الدائره حول نويات ذرات البلاتين — ويصبح خطك المستقيم ، كما لو أنه ، يجاهد لتعيين الحدود المضبوطة لسحابة سديمية ذات جسيمات ذرية أولية .

والفهم الاحصائى للحقيقة يمس العلم الحديث عند كل خطوة . فحتى كيماءيو القرن السابق الألمان القدماء قد دفعوا جزية لقوانين الاحتمالات ، بالرغم من أنهم نادرا ما أدركوا أنهم قاموا بذلك . وهناك مثل بالالمانية لقدماء المشتغلين بالمعامل يقول ما معناه .. « أن تحليلا واحدا ليس تحليلا بالمره » — ففى الواقع قد تكون النتيجة مصادفة . غير أنه ، اذا حدث عند تحديد كمية النيتروجين في مركب ، مثلا ، أن حصل المحلل على نتيجتين متقاربتين تماما مثل ٦١٤٣ ، ٦١٤٤ (وهى درجة الدقة التى يجب أن تعطيه الطريقة النموذجية للنيتروجين) فليس هناك داع بالنسبة له لأن يجمع أى احصائيات أكثر ، بشرط أن يكون مشتغلا ماهرا . وفى الوجهة

الأخرى ، كان للتقريب الاحصائي للحقيقة دخل لدرجة كبيرة تماما في اكتشاف التشكيل الكيميائي لفيتامين ب_{١٢} ، وهي مادة غريبة تدعى انكوبالامين ، والتي تقوم بأداء وظيفة رئيسية في تكوين كرات الدم وعلاج الأنيميا الحادة .

والدليل المبني على محاولات أجريت على حيوانات وعلى علاج المرضى الذين يعانون من الأنيميا الحادة أظهر أن الكبد يحتوى المادة العلاجية الفعالة التي كانت تسمى بفيتامين ب_{١٢} وشرع رجال البحث لذلك في العمل على استخراج الفيتامين من الكبد وتركيزه . ولكن في كل مرة صنعوا فيها مستخرجا من مادتهم التي بدأوا بها في محاولة لفصل مادة الكبد الخاملة من الفيتامين ، كانوا يجبرون على الانتظار حتى يختبروا جزئى المادة الناتجة ليروا أيا منهما احتوى القاعدة الفعالة . وكانت هذه طريقة للاختبار بطيئة للغاية . ثم اكتشف بعد ذلك أن نوعا بالذات من الكائنات الدقيقة النامية على وسط خاص قد تجاوب مع وجود فيتامين ب_{١٢} . ووضح أنه كان من الأسرع والأنسب دائما أن تختبر تجهيزات فيتامين ب_{١٢} في المعمل بتأثيرها على النمو البكتري بدلا من حقنها داخل حيوانات مصابة بالأنيميا وانتظار الاستجابة في دمها .

وحتى بالرغم من أن استخدام نمو الكائنات الدقيقة كان طريقة أسرع وأنسب كثيرا لقياس فاعلية الفيتامين في التزايد التدريجي في عدد كرات الدم الحمراء لجرد مريض ، فهي أيضا لها تعقيداتها الفنية . فأولا ، حتى اذا كان أحد التركيبات المختبرة يحتوى من فيتامين ب_{١٢} ضعف ما يحتوى الثانى وكان تركيب ثالث يحتوى ثلاثة أضعاف المقدار ، فإن التزايد في معدل نمو الكائنات الدقيقة الحساسة لن تكون له العلاقة المباشرة $1, 2 \times 1, 3 \times 1$ ، فحتى اذا لم يوجد أى فيتامين على الاطلاق فقد يوجد بعض النمو . فأول اضافة للفيتامين ربما تزيد النمو بمقدار $5/10$ ، وضعف المقدار يزيد بها بنسبة $8/1$ ، وثلاثة أضعاف المقدار ، مثلا ، بعشرة في المائة . ومن أجل معرفة كمية الفيتامين الموجودة في تركيب غير معروف قد يلزم مقدما ، لذلك ، اعداد رسم بياني يوضح استجابة الكائن الدقيق للمقادير المتزايدة .

ولكن تعقيدات أكثر من ذلك تنتظر الباحث العلمى . فاذا حدث بالمصادفة أن كانت المادة التي يختبرها أكثر فاعلية مما توقع فإن أول وحدة كمية يستخدمها في تجربته قد تعطى الاستجابة القصوى . وعندما يستمر في تجربة تأثير ضعف

وثلاثة أضعاف المقدار فلن يحصل على زيادة أكثر في الاستجابة من كائنه الاختباري • وثمة مجموعة أخرى من الصعاب تنشأ من قابلية التفسير الممكنة للكائن الدقيق الذي يستخدمه • ويؤدي ذلك الى ملاحظة أن درجة معينة من النمو في يوم ما تمثل كمية معينة من الفيتامين الفعال بينما قد يكون نفس القدر من النمو في يوم آخر ، في الواقع ، دالاً على كمية مختلفة تماماً • وبالرغم من كل هذه الصعاب مع ذلك ، فإن استخدام الطريقة الاحصائية للتقريب قاد الى أسلوب عمل يمكن به حساب ، أولاً ، كم من فيتامين ب_{١٢} الفعال مسئول عن الاستجابة البيولوجية على كائن التجربة الدقيق ، وثانياً درجة الخطأ التي يمكن أن تكون موجودة في الرقم المحسوب وما هي الفرص في أن يصبح هذا الخطأ ، في الحقيقة ، ضئيل القيمة •

واستخدام الاحصاء بهذه الطريقة ، لرؤية الترتيب والدقة في المجال المتسع لقابلية التنوع البيولوجية ، قد تحقق بالمرز النهائي لفيتامين ب_{١٢} المتبلور النقي ، كوبالامين ، أصبح يمثل عنصر تحدي للكيميائيين العضويين •

والتقريب الاحصائي للحقائق يعطينا طريقة ما اذا كانت الفروق الصغيرة موجودة حقاً أم غير موجودة بمقادير كمية ، أو بقول أدق ، ما اذا كانت الفروق الصغيرة المقدار لها دلالة احصائية أي ، دلالة هامة عند أي درجة معينة من الاحتمال • والآن ، عندما يكون لدى مشاهد آلة لها القدرة على القياس بدرجة كبيرة من الدقة ففي امكانه ملاحظة ، بدون الحاجة الى الاحصائيات على الإطلاق ، أن مجموعتين من المشاهدات مختلفتان • وعلى سبيل المثال ، فالرجل الذي لديه أجهزة أولية فقط قد يشك في أن الماء الثقيل — أي د_٢ أ — أثقل من الماء « العادي » يد_١ أ ، ثم يحسب ما اذا كان بينهما فرق ذو مغزى احصائي • وعندما تسمح له آتته بالقيام بعمل مشاهدات أكثر دقة فسيري على الفور أن السائلين مختلفان •

وتعتمد هربياً كل المعرفة التي لدينا عن العلم ، سواء كانت تتعلق بالكيمياء أو الاحياء أو الفيزياء على القياس • ولكن تتضح الآن الحقيقة بأن مقدرتنا على القياس لها حدود معينة • وقد أشرت بالفعل الى يوكليد في تأييد الحقيقة بأننا لا نستطيع قياس مسافة تعطى الرقم ٢ بالضبط عند تربيعها • والسبب في أننا

لا نستطيع ذلك هو قصص المهارة بعض الشيء ولكنه أيضا ناتجا نوعا ما عن الطبيعة الفلسفية للأشياء • وبالاختصار ، أن ٢ ليس لها جذر تريمي محدد • وهذه الحقيقة ، جزء من المعرفة •

وهناك سجع غير مهذب عن جوويت ، المدير المشهور لكلية بالبول باكسفورد ، الذي جاء كما يلي :

أولا جئت أنا ، اسمي جوويت ليست هناك معلومات الا وأعرفها
أما مدير هذه الكلية مالا أعرفه ليس بمعلومات

وأنا أتخيل أن هناك قليلا منا يمكنه أن يقف ويعلن أنه لم توجد معلومات لم يعرفها • ومن ناحية أخرى هناك صدق في فكرة أن مالا نعرفه ليس بمعلومات • قبل اكتشاف الهيدروجين الثقيل بواسطة هـ • س • يوري في عام ١٩٣١ ، والتعرف على الماء الثقيل بالتالي ، لم يكن هناك من يعرف أنه موجود ، بالرغم من أن كثافته النوعية هي ١٠٧٧٥/١١ بمقارنتها مع ١٠٠٠٠ الخاصة بالماء ، ونقطة غليانه هي ١٠١٤ درجة مئوية بينما الخاصة بالماء العادي هي ١٠٠ درجة مئوية •

والآن ، واضح أن قوانين دالتون للكيمياء المفترضة لأول مرة في عام ١٨٠٣ كانت هي الحقيقة • بناء على القاعدة بأن ، « اثبات طعام خاص يكون عند أكله » • وقد أنجزت أشياء عظيمة بافتراض أن قوانين دالتون صحيحة ، كما استوعبت ظواهر ، وحقت مصانع كيماوية شأنا اقتصاديا عاليا وأتجت للبيع أصنافا كافية تتدرج من الأسمدة الى الطلاء ومن حامض الكبريتيك الى أملاح ابسوم • وكانت أحد قوانين دالتون الأساسية هي أن كل عنصر كيميائي يتكون كلية من نوعه الخاص من الذرات يختلف عن أي نوع آخر ، وأن جميع ذرات أي عنصر واحد متماثلة • وهي الخاصية التي كانت مهمة بالذات بالنسبة للوزن • ويعرف هذا الافتراض أحيانا باسم « قاعدة التماثل » •

والشيء الغريب هو أنه ، بالرغم من الحصول على مجموعة من نتائج عملية بافتراض صدق قانون دالتون هذا ، فقد كان صحيحا فقط طالما أن أجهزة القياس الموجودة في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين ظلت على درجة غير كافية

من الدقة لتكتشف أن ذرات العنصر ليست كلها متماثلة في الواقع • فمثلا بالرغم من أن أغلب ذرات الأوكسجين لها وزن ذرى ١٦ ، فهناك بعض القلة النادرة وزنها الذرى ١٧.٠٠٤٥ • ولا يوجد في الظروف العادية التى يفصل فيها الكيماويون فرق ذو أهمية احصائية بين مجموعة من مليون ، مثلا ، من ذرات الأوكسجين ، ومجموعة أخرى تحتوى على مليون آخر من ذرات الأوكسجين • ولا يعنى ذلك ، مهما كان ، أن الذرات تكون جميعها متشابهة ، فهى تعنى فقط ما نقوله ، أنه ليس فى امكان الكيماويين عادة اظهار أنها مختلفة •

ويروى البروفسور هانسون قصة أنه عندما تصور رذرفورد أول الأمر فكرة أن الذرات كانت مثل صورة مصغرة من الأنظمة الشمسية ، بشمس كبيرة (أى ، النواة) فى المركز ، ومجموعة من الكواكب السيارة (بالتحديد ، الألكترونات) تدور حولها ، كان هناك أناس رأوا أن الألكترونات قد تكون حقيقة كالكواكب السيارة ، بجبال وأنهار عليها — وقد تحوى قوما متناهين فى الصغر — وكل منها يختلف ، بنفس الطريقة التى يختلف بها مارس وفينوس وعطارد والأرض •

وتؤدى بنا هذه الفكرة الى نقطة جديدة عن الحقائق العلمية وصدقها • فنحن باستطاعتنا عمل أشياء معينة بالألكترونات — على سبيل المثال ، نصنع منها صور التليفزيون على شاشة كاثودية — فمن المستحيل لها أن تختلف كثيرا واحدا عن الآخر • وأحسن ما يمكن أن نقوله لنا الطريقة الاحصائية للتقريب ، التى ظللنا نمتسحها كثيرا حتى الآن ، أنه اذا اختلفت الألكترونات عن بعضها فليس باستطاعتنا قياس ذلك • واذا كانت مختلفة فلن يمكنها أن تختلف لأكثر من جزء واحد فى ١٠٠.٠٠٠ • ولكن الأمر يختلف كثيرا بالنسبة للعالم حين يقول « أنا لا أستطيع تمييز أى فرق بين الجسيمات المفردة التى يصنع منها الكون » ، بدلا من أن يقول « أن الجسيمات المفردة متماثلة » • فتعنى العبارة الأولى أنه قد يمكن لتيار كهربائى يسرى عبر سلك أن يتكون من خيط من الألكترونات ، كلها متماثلة بالضبط ولكن مع وجود واحد كبير غير عادى بين الحين والآخر ، فقط قد يكون الألكترون الشاذ ماضيا بسرعة كبيرة حتى أننا لا نراه أبدا ، فلو

أن ذلك كان صحيحا فقد يعرض جميع أنواع الاحتمالات - حتى بالنسبة للمعجزات - وذلك لا تسمح به عقيدة العالم عن دنيا مرتبة .

فما يقوله العالم ، في الواقع ، هو : أن رياضيات نظرية الكم بأكملها ، التي بنى عليها الفهم الحالي للمادة ، تعتمد على القاعدة بأن الجسيمات الأولية لأي نوع واحد تكون متماثلة . والتفسير المقبول لكيفية أنه لا بد أن يكون كل الكترون متشابه ، ولماذا لا يمكننا في نفس الوقت ، التسليم بأن البعض قد يكون مختلفا فيما عدا فرق بسيط لدرجة أنه لا يكون ذا دلالة احصائية هو الآتي . ففهم الآن ، أن الألكترون ، لا حجم له . فهو مجرد مكان ، يوجد عنده انحدار جهد . وللتعبير عنها بطريقة أخرى يمكن القول بأن من المحتمل بناء نموذج كبير للألكترون . ففي الهندسة ، ستذكر ، توصف النقطة على أنها موضع ليس له طول ولا عرض ولا سمك . والألكترون مثل هذه أيضا . وبالتالي حتما ، لذلك ، فإن كل الألكترونات ذات حجم واحد .

ولتأمل تفاحة تسقط الى الأرض طبقا لقوانين نيوتن للحركة . فالتفاحة حقيقة ، وسقوطها حقيقي . ومن ناحية أخرى ، فقوانين نيوتن للحركة أفكار . ويمكن اختبار وتقدير صحتها . والدقة التي تصف بها الأحداث الحقيقية يمكن حسابها طبقا لقواعد الاحصاء . والتفاحة شيء كبير أما الألكترون فصغير . فبينما يمكننا أن نجادل في أن المعلومات والصواب والحقيقة تختلف عند تطبيقها على التفاح عن المعلومات التي لدينا عن آراء وقوانين نيوتن ، عندما نعتبر الجسيمات الميكروسكوبية في الفيزيقا ، فنوع المعرفة التي لدينا عن « الأجسام » كالألكترونات والفوتونات تماثل بدرجة كبيرة نوع المعرفة التي لدينا عن نظرية الكم وقوانين نيوتن للحركة ، التي ليست « أشياء » على الإطلاق ، بل أفكارا .

وقد أمضى برتراند راسل حياة طويلة يتأمل في طبيعة الصواب والمعرفة . ففي رأيه أننا لا ندرك العالم الخارجى مباشرة ؛ فالذى نراه هو صور في رؤوسنا فستنتج منها أى نوع من العالم يكون هو في الواقع . ولكن لا بد أن يسمح لنا في نفس الوقت بأن تفرض أن الصور في رؤوسنا هي على الأقل شيء مثل حقائق الطبيعة ، والا فإن الفهم يصبح مستحيلا . وبلغة فيلسوف - ويجب أن

تذكر دائما أن العلم هو ، في الواقع « فلسفة طبيعية » - يصف يوتراوند راسل هذه الطريقة للمعرفة على أنها « استدلال غير إيضاحي » .

ففى العالم العادى المستمر الذى يتم فيه أغلب تفكيرنا العلمى يوجد عدد من العوامل التى تمنع وثوقنا من المشاهدات والقياسات التى نجمعها بكل جد والتى بنى منها الفروض التى تأمل أن تؤكد لها كقوانين طبيعية . وهذه هى ، أولا ، مشكلة معرفة أن ما نراه ونقيسه هو حقيقة وليس تخيلا . وهذه الصعوبة لا يستهان بها . فبصرف النظر تماما عن خطر الاعتقاد بأننا رأينا طبقا طائرا أو ملاكا ذا سيف حاد أو جنية ، هناك الصعوبة فى معرفة ما اذا كنا نلاحظ الشمس تتحرك فى مدارها حول الأرض ، أو ، بطريقة أخرى ، ما اذا كان دوران الأرض حول نفسها هو الذى يعطى التأثير بتحرك الشمس . وثانيا ، هناك الصعوبة العملية الصادقة لعمل ملاحظات جيدة دقيقة . فقد ينظر عالمان مختلفان جالسان فى معملين مختلفين ، وربما فى بلدين مختلفين ، من خلال منظار مكبر الى صبغيات فأر ، مثلا ، ويصفا نفس الشيء باختلاف كبير . وقد تؤثر الكلمات التى يكسوا بها الحقائق التى يربانها على استيعابها لهذه الحقائق . وعندما استعمل داروين التعبير « الصراع من أجل البقاء » ، وفكرة صراع طبيعى عن « الطبيعة ، حراء السن والمخبط » ، صاغ أفكار الناس - لدرجة كبيرة بدون وجه حق - عن ماهى حقائق المادة التى كان ينوى أن ينقلها لهم .

وبجانب فهمنا الغير مطمئن للحقيقة ، ومشاهدتنا الغير دقيقة ، والكلمات الغير مضبوطة التى نسجلها بها ، فنحن أيضا مقيدون برغبتنا فى اقتناء سبب للحقائق التى نعتقد أننا فتركها ، والأسوء من كل ذلك ، بعدم وثوقنا فيما اذا كان ما نحسب أنه حقائق هو وليد مصادفات فقط .

ويعتاج العلماء أن يأخذوا حذرهم من المصادفة وعدم التأكد عند مستويين . فقد كانت هناك المناسبة المشهورة لمضاد الحيوانات باثولين الذى بدأ ، لأول وهلة ، أنه الاكتشاف العلمى الذى كان ينتظره العالم : المانع الإكيد للبرد . وقد رش محلول من الباثولين فى أنوف مجموعة كاملة من المتطوعين ، ولم يصب أحد منهم بعد ذلك بالبرد . ول سوء الحظ ، كانت هذه مصادفة فقط تابعة من تقلبات برد الشتاء الذى ، بما لتقديرنا ، قد تعودنا عليه . ووضعت الرياضيات العنيفة

لعلم الاحصاء بالتالى نهاية لعدم الوثوق من المشاهدة الأصلية وأثبتت أن الباثولين لا يبدى أى مفعول ذا أهمية .

ولكن المستوى الجديد من عدم التاكيد الذى يجب أن يواجه به العلماء حقائقهم ينبع ، كما ذكرت فى الفصل الثالث من هذا الكتاب ، من مدركتنا الجديدة عن الفيزيكا الذرية . وقد أشار هيونبرج نفسه أن ميكانيكا الكم ستكون فعالة فقط على المفهوم الضمنى بأن من المستحيل تحديد كل من الوضع والسرعة لجسيم ذرى . اذ يمكننا أن نقوم اما بعمل قياسات دقيقة عن السرعة متنازلين عن المعلومات عن الوضع ، أو يمكننا القيام بملاحظات دقيقة عن الوضع مغفلين بذلك معلوماتنا عن السرعة . وفى كلمات هيونبرج نفسها يقول ، « ان المعلومات الغير كاملة عن نظام ما لا بد أن تكون جزءا أساسيا لكل صيغة تصاغ بها نظرية الكم » .

وفى الفيزيكا والكيمياء المستمتى المدى التى تعودنا غالبا على التعامل معها ، يمكننا التكهن بدرجة كبيرة جدا من الثقة مما يسمى بقوانيننا الطبيعية . فمضد ، على سبيل المثال ، تكون من عدد هائل من جزئيات متكونة من جسيمات كلها فى حالة تذبذب شديد . ومن المقنع أنه يمكن للحظة واحدة فقط من الزمن أن تتذبذب الجسيمات كلها فى توافق فى اتجاه واحد حتى أن المضد تعبر الى السقف . ذلك مقنع ، ولكنه غير محتمل لدرجة عالية . وفى قول آخر ، فإن القوانين الاحصائية التى تحكم كل جزئيات المضد تؤدي الى مثل هذه الدرجات العالية من الاحتمال حتى أنه يمكننا أن نتأكد (كما نتأكد من أى شئ) أن المضد لن ترتفع . فبدلا من ذلك ، فهى ستخضع « لقوانين الكيمياء والفيزيكا » . ولكن الأمر ليس كذلك فى شئون الفيزيكا الذرية ، ففى القنبلة العادية الشديدة الانفجار يمكن التنبؤ بقوة الانفجار بالضبط من كتلة المادة المتفجرة وتركيبها الكيميائى . أما فى القنبلة الذرية ، مهما كان ، فإن الحد الأدنى والأعلى لشدة الانفجار هو ما يمكن تقديره ، وليست القوة المضبوطة للقنبلة موضع البحث . فذلك مستحيل ، حيث أنها تعتمد على سلوك عدد قليل فقط من الذرات فى لحظة التفجير ، وبالرغم من كل تعمقنا العلمى ، فسنظل دائما غير متأكدين أى الذرات التى تشع جسيمات ألفا الخاصة بها فى اللحظة الحرجة عندما يسحب الرجل الزناد .

الفصل التاسع

الفلك العلمى

للفلك صفات عديدة جديرة بالاعتبار تؤهله لأن يوضع فى مكانة متقدمة بين الأقسام الأخرى من التفكير البشرى المنطقى المتقدم الذى نبجله باسم العلوم . فكبدية ، يتعامل الفلك مع أشياء ، تعتبر صعبة المثال تماما ، حتى فى العصر التكنولوجى الحالى . فكل المعلومات الفلكية هى نتيجة استنتاج ذهنى مستنبط من اختبار أشعة ضوء هوائية أو أنواع معينة من موجات لاسلكية . ومع ذلك فكما أشرت من قبل ، تمكن الانسان باستعمال قدرته على التفكير فقط ، من اكتشاف ، بدرجة من الوثوق كما لو أنه قد ذهب الى النجوم للتأكد ، ان قوانين الحركة التى تطبق على الأشياء التى تتداولها على الأرض تنطبق أيضا على الاجرام السماوية . أى أنه « الفيزيكا » فى الفصل المدرسى أو المعمل الصناعى فى دولة محدودة كبريطانيا العظمى تنطبق على النجوم أيضا . وقواعد الكيمياء تطبق فى السماوات كذلك . فقد أوضح المنظار الطيفى لبنزن وكيرشوف أن القمر ليس مصنوعا من جبن أخضر ولا النجوم من بعض مركب ما يستحيل التفكير فيه أو يفوق الوصف . فان نفس العناصر الكيميائية المألوفة التى نعرفها هنا فى عقر دارنا هى ما تتكون منه النجوم والكواكب . أو اذا كانت النجوم كبيرة جدا ، فإن قوانين الفيزيكا يمكنها تفسير ما تصنعه الحرارة الهائلة والضغط العالى لتكوين عناصر ما بعد اليورانيومية لا تختلف كثيرا عن تلك التى يمكننا صنعها بأنفسنا فى المصانع الضخمة ببركلى بكاليفورنيا ، أو فى الكلية الامبراطورية للعلوم والتكنولوجيا بلندن .

والتحول الذى حدث فى تفكيرنا خلال مجرى التاريخ عن أهمية الفلك على الحياة البشرية يعد تذكرة مفيدة لاحتمال الخطأ ولخطورة الاعتقاد بأننا ذووا أهمية كبيرة فى عصر القوة العلمية الحالى الخاص بنا .

فلقرون مضت - وحتى الى يومنا هذا - أثرت تحركات الشمس والنجوم على حياة الناس وتحكمت فى مصائرهم . فقد أعطت تحركات الشمس فى أرض ليست مستكشفه شعورا بالأمان وتقديرا للاتجاه . فلم يكن الوقت بالنسبة للمصريين القدماء منتظما كما هو بالنسبة لنا فى هذه الأيام . فكافت ساعاتهم ذات أطوال مختلفة .

فكانت ساعات وسط النهار أطول من ساعات الصباح والمساء ، لأن الوقت كان يقاس بواسطة الظل المتحرك لمصاة . ولأن القوس المستعرض بواسطة الظل كان يقسم مجازا الى قطع ذى أطوال متساوية ليحدد الساعات ، فان فترات الوقت التى تمثلها لم تكن متساوية . وحتى عندما تقدم التكنيك بدرجة كافية ليسمح بإنشاء ساعة ماء يرتفع فيها رقم مشير كلما ملأ الماء المتساقط اسطوانة كانت الساعات التى حددها الرقم غير منتظمة لأن ساعات الظل لم تكن منتظمة . ولكن فى حالة احساسنا بميل زائد للتهكم ، لا بد أن نتذكر أننا كان علينا أن نحدد ساعاتنا خطأ - وذلك عندما يصدر الأمر « بالتوقيت الصيفى » أو « ضعف التوقيت الصيفى » قبل أن تتمكن من حمل أنفسنا على الاستيقاظ فى السادسة فى حين نשמع ، أن الوقت المعتاد للاستيقاظ هو الساعة السابعة .

وقبل أن نستهنج فى تعزيز الخرافة الغير منطقية لأجيال الناس المتعلمين الذين اعتقدوا أن موضع النجوم يمكن أن يؤثر فى مصائرهم والذين لم يتخذوا أى خطوة هامة قبل استشارة منجم ليتأكدوا أن السماوات كانت راضية عن مشروعهم ، لا بد أن نعكس أن بعض روايب هذه الأشياء مازالت باقية . وأنا لا أشير الى الهراء المطبوع فى الجرائد فى عواميد « تنبؤات النجوم » . فان ما أشير اليه هو الحقيقة بأن اليهود ، بالرغم من أنهم قد أمدوا العالم بحصة عظيمة فى الفكر الفلسفى ، فقد أرهقوا فى الوقت ذاته الأجيال المتتابعة بعدد من الصعوبات بسبب قصورهم ككلبيين .

فاليهود ، فى الواقع ، لديهم أحد أسوأ التقويمات السنوية بين الناس المتدينين . فالبرغم من أنهم اذا درسوا الأمر يجدوا أن بإمكانهم أن يقوموا

باحسن من ذلك ، فقد اختاروا أن يستعملوا سنة مكونة من اثني عشر شهرا كل منها تسعة وعشرون يوما ونصف . ووصلوا بهذا الى سنة طولها ٣٥٤ يوما « سنة خرقاء وغير علمية بقدر ما يمكن تخيله » ، كما وصفها رودلف ثيل .
والأيام الخاصة التي حددتها الشعوب المسيحية على حدة كأيام مقدسة — كعيد القيامة وعيد الخمسين — لا تزال يحكمها التقويم العبري . فعيد القيامة محدد كعيد الفصح عند اليهود ، الذي يحتفلون به في أول يوم أحد بعد القمر الربيعي الكامل . وذلك قد يأتي في أى يوم بين الحادى والعشرين من مارس حتى الثامن والعشرين من أبريل ، أو حوالى ذلك .

وان ما يستوجب اهتمامنا أن نتذكر العناد والغباء والأفكار الراسخة الثابتة لأسلافنا ، فالتقدمات في استيعابنا لحقائق الفلك كانت سريعة ، والنتائج التي يجعلنا المنطق العلمى نسلم بها كانت مذهشة ، لدرجة أنه بالرغم من أننا قد لا نستطيع اكتشاف أى فجوات في المناقشة ، فلا بد أن نتذكر فقط أن تمسك بأجابائنا طالما أن الحقائق تعضدها .

فقد نظر كوبرنيكوس ، المولود باسم نيكلاس كوبرنيك في بولندا ، نظر الى السماوات في أوائل القرن السادس عشر ووجد أنها في حالة من التشابك المعقد . ولكن حتى عندما مكنته ملاحظاته وتفكيره من الوصول الى أن الاعتقاد القديم بأن الشمس تلف بنفسها حول الأرض في مدار حلزوني — الذى كان معتقدا بصفة عامة قبل وقته — لابد أن يكون خطأ ، اذ لم يستطع أن يجعل حساباته المبنية على نظريته الجديدة تأتى مضبوطة تماما . فكانت نظريته (كما قد قول الآن بعجرفة) صحيحة تماما — أن الأرض والكواكب تدور حول الشمس ومع ذلك كانت نظرة كوبرنيكوس العميقة الهائلة ومقدرته الرياضية معقدة ، كما فشلت حساباته الخاصة بمدارات الكواكب لافتراضه أن هذه المدارات كانت دائرية بينما هى ، في الواقع ، بيضاوية الشكل . والسبب في أنه لم يكن باستطاعته تحدى هذا الافتراض الاصلى والغير مثبت كان لأنه لم يستطع تصور أن الخالق قد استخدم لمدار كواكبه السيارة أى شيء عدا شكلا كاملا تماما — بالتحديد هو الدائرة .

وكان نيكوبراه ، الفلكي الدانمركي الذي أعقب كوبرنيكوس والذي كان
 مستكنا من المادة معظم فترات حياته ، ملاحظا مؤهوبا . فقد صحح لأول مرة
 منذ قدماء اليونان الحركات السماوية المسلم بها وتجاوز عن الأخطاء الناتجة
 عن الانكسارات الجوية . ومع هذا فقد كانت احتياجات النظرية غالبا غير
 صحيحة . أما جوهانس كبلر ، الذي كان يعمل في وقت ما مستاعدا لنيراه ،
 فقد كان نظريا أكثر منه ملاحظا . فكان هو الذي تمكن من اقتحام مجال
 ذهني جديد ومن حساب المدارات الصحيحة للكواكب . وليكن في الذاكرة أن
 هذا التحصيل الهائل في التفكير العلمي قد أنجز بواسطة رجل يعيش في مجتمع
 كان فيه مجبرا في أواخر أيام حياة والدته على أن ينفق كثيرا من طاقته في اعداد
 دفاعها ضد مجموعة من الاتهامات القانونية بالشعوذة !

آين نقف الآن ونحن نطبق معلوماتنا الحالية من الكيمياء والفيزياء على
 النجوم والكواكب التي نراها في السماء ؟ لقد أشرت من قبل الى استخدام
 جوستاف كيرشوف للنظار الطيفي . وقد مكنته هذه الآلة الضوئية البسيطة
 من التعرف بتأكيد على العناصر التي تتكون منها الأرض . فالصوديوم المسخن
 للدرجة التوهج يعطي لها أصفرا ، يظهر في المنظار الطيفي على هيئة خط أصفر
 وضوء الليثيوم أحمر وبرتقالي ، وضوء الباريوم الأخضر يظهر له أربعة
 خطوط ذات ألوان مختلفة عند فحصه بالمنظار الطيفي . وكل عنصر له خطوطه
 المميزة . بعضها بسيط وبعضها معقد . فالحديد ، على سبيل المثال ، له أكثر
 من ألف خط .

واكتشاف كيرشوف جعل من الممكن عمل التحليل الكيميائي للنجوم عن
 بعد . وفي الواقع عن بعد شامع تماما - وغنى عن القول أننا يمكننا نجد
 الأوكسجين والنيتروجين في سديم الجوزاء الهائل . وكانت أكبر نتيجة مذهشة
 للدراسة العميقة التي أعقبت مشاهدات كيرشوف الأصلية في عام ١٨٥٩ اثبات
 تدريجي لحقيقة أن كيمياء النجوم تشابه كثيرا الكيمياء العادية التي نعرفها جيدا
 على الأرض في معاملنا . إذ توجد الذرات والأيونات أيضا في كرات الغاز
 السماوية الساخنة التي نراها على هيئة نجوم ، تماما كما توجد في الشمس .
 ويوجد عدد بسيط من مركبات الكربون في النجوم الحمراء الأقل برودة ،
 كما لوحظ بعض من أكسيد التيتانيوم وأكسيد الزركون أيضا . بل يبدو

أنا جزء من الكون أكثر مما يمكن أن تخيل • فليست العناصر العادية فقط موجودة في النجوم ، بل ، باستثناء هاتين ، توجد كميات العناصر المختلفة مثل الكربون والأوكسجين والنيتروجين والمعادن الخفيفة كالألومنيوم والمعادن الأثقل كالرصاص والذهب ، بنفس النسب في الأجرام السماوية ، كما هي موجودة على الأرض • والحالتان المشتتان هما الهيدروجين والهيليوم • فالأرض بها قليل من الأيدروجين وهليوم أقل •

وهذه هي أخف العناصر • فعندما تملأ بالوثة بالهيدروجين (أو الهليوم) فهي ترتفع في السماء ، و فقط عندما يتسرب الغاز يسقط الغلاف الفارغ • فجسيمات الغاز مرتبطة بقوة الجاذبية الأرضية ارتباطا ضعيفا ، لكن ، حتى مع ذلك ، فقد هرب ، على مر الأزمنة ، كثير من الهيدروجين والهليوم من العالم أجمع الى الفضاء كلما بردت الأرض •

وقد قاد التفكير المنطقي عن الحقائق المشاهدة وهو التفكير الذي يرسم طريق العلم كما يتناوله هذا الكتاب الى مزيد من الاستنتاجات الواقعية عن طبيعة النجوم التي يراها القلبي • فجناب اعطاء المنظار الطيفي معلومات عن تركيبها الكيميائي ، فهو يدل على درجة حرارتها •

ونحن نعرف من الخبرة العامة أن المعدن الساخن لدرجة البياض أكثر سخونة من المعدن المسخن لدرجة الاحمرار ، وأن قطعة من الحديد لونها أحمر كالكرز الفاتح تكون أسخن من أخرى لونها أحمر قاتم • وقد استخدم عمال الصلب في المسبك هذه المعلومات كليا لسنين طويلة وأتجهوا مقياسا دقيقا للألوان مقابلا لدرجات الحرارة المثوية المضبوطة • وبالمثل ، يمكن استخدام المنظار ليعطي معلومات ، ليس فقط عن طبيعة العناصر المشعة لضوء نجم معين ، بل أيضا عن درجة سخونتها • وقد حدد ثلاثة من الفلكيين في هارفارد ، السيدة و • ب • فلمنج ، والآتية موري ، والآتية كانون ، درجات حرارة ٢٠٠.٠٠٠ ر • نجم من مشاهدات مجموعات ألوان الطيف الخاصة بها • وقد وجد أن عددا بسيطا فقط من النجوم تكون شديدة الحرارة ، فوق ٢٠.٠٠٠ درجة مئوية • ثم تأتي مجموعة عند ٢٠.٠٠٠ درجة مئوية وأخرى عند ١١.٠٠٠ درجة مئوية ، وثالثة عند ٨.٠٠٠ درجة مئوية • وشمسنا عضو من النجوم الصفراء التي تبلغ

درجة حرارتها حوالى ٦٠٠٠ درجة مئوية ، ويلي ذلك النجوم الصفراء الباهتة عند ٢٠٠٠ درجة مئوية بينما تبلغ درجة حرارة النجوم الحمراء ٢٠٠٠ درجة مئوية فقط . وكقاعدة عامة تجمع الشواهد على أن النجوم الأصغر عمرا هى الأكبر سخونة . ومعظم النجوم ، فى الواقع ، قديمة وباردة .

ويمكن القول ، بأنه منذ اكتشاف الانسان الكيمياء والفيزيكا استخدم هذه العلوم لمساعدته فى رؤية وفهم الأشياء المحيطة به . وفضلا عن ذلك فالجبر والورق منتجات للكيمياء ، وأنه باستعمالها فى الكتابة توسع معلوماتنا ومداركنا . ولكن اليوم حين نتطلع الى السماء — أى عندما نحلق فى الكون الذى نعيش فيه — تعطينا المعلومات المتراكمة ومنطق الكيمياء والفيزيكا تعمقا واضحا ومنهنا فى طبيعة النجوم .

فقد قام اينار هيرتزبرنج الفلكى الدانمركى فى عام ١٩٠٥ بإجراء عدد من المشاهدات عن لمعان النجوم المختلفة بالمقارنة بألوانها . وواضح أنه اذا وجد نجمان من حجم واحد لكن أحدهما أسخن من الآخر فان الأسخن يكون أكثر لماعا ، وفى نفس الوقت يكون لونه أزرقا اذا كان ساخنا جدا ، أيضا اذا لم يكن ساخنا بهذه الدرجة ، أصفر اذا كان أقل سخونة (مثل درجة حرارة الشمس فقط) ، وأحمر اذا كان أقل سخونة عن ذلك . وبطريقة أخرى اذا كان نجمان فى درجة حرارة واحدة يكون لونهما واحدا ، ولكن اذا كان أحدهما أكبر من الآخر فانه يكون أكثر منه لماعا .

وعندما جمعت كل هذه المعلومات معا ، وقوى تحليلها المفهوم فطريا بواسطة مشاهدات معقدة ودقيقة ، عبر هنرى راسل عن الاكتشافات فى صورة رسم بيانى . ويسمى ذلك برسم هرتزبرنج — راسل البيانى ، وهو مسلم به كأحد الرسومات البيانية الرئيسية لتشكيل الكون . ففي الركن الشمالى الأعلى رسمت أكبر النجوم وأكثرها سخونة . تلك هى العملاقة البيضاء . ورسمت أصفر النجوم وأكثرها برودة فى الركن الأسفل جهة اليمين . وتلك هى الأقزام الحمراء . ويأتى بينهما العدد الضخم من النجوم ذات الأحجام ودرجات الحرارة المتوسطة . وقد أمعن النظر فى آلاف عديدة من النجوم ولوحظ حجمها ، ودرجة حرارتها ، ورسم موقعها على الرسم البيانى لهرتزبرنج —

واصل • ووقع معظمها عند تسجيلها في مجموعة مستقيمة تمتد عبر قطر الرسم البياني للأسفل • وهى المسماة بنجوم المتابعة الرئيسية ، وشمسنا الخاصة عضو متواضع فيها •

ولكن توجد مجموعتان صغيرتان من النجوم لا تقع في المتابعة الرئيسية • وكبرى هاتان المجموعتان المستثنان تتكون من نجوم ذات لمعان أكثر مما يوحى به لونها • وعلى هذا ، فقط أعطى التفسير بأنها كانت أكبر ، وفي عشرينات هذا القرن ، تمكن ميكائيلسون في الولايات المتحدة من قياس سبعة من هذه ووجد أنها كذلك • وكانت متضمنات هذه القياسات أننا لا بد أن نسلم بأنه إذا كانت الشمس في حجم كرة تنس الطاولة ، فإن نجم قلب العقرب — عين العقرب — سيكون في حجم المنطاد ، وأن واحدا من المتابعة الرئيسية ، نجوم الأقزام الحمراء ، سيكون في حجم ذرة الرمل فقط !

ونحن نعلم أن في مملكة الاحياء توجد في أحد طرفها مخلوقات في حجم الحيتان ، ويأتى في النهاية الأخرى للمقياس الكائنات الدقيقة التى تشاهد فقط بواسطة الميكروسكوب • وحتى في عالم الكائنات الدقيقة نفسه توجد خمائر — هى أفيال العالم السفلى — مقابل الفيروسات الحية لمرض القدم — و — الهم التى تكون في مثل حجم البعوضة فقط • وربما ، في المرحلة التى وصلنا اليها في هذا الكتاب يمكننا أن نقول أن هذا التباين المتناهى في حجم المخلوقات الحية هو مجرد انعكاس لنفس الاختلاف في الحجم ، على نطاق ضيق فقط ، في الكيمياء • فالجسم الجزيئى للهيدروجين والهليوم وكذلك النيتروجين والأكسجين والكربون صغيرا جدا عند مقارنته بحجم جزيئات المركبات الكبيرة للبروتين والسليولوز وحامض النيوكليك وبعض الفيروسات التى تكون غالبا ، على حد قولنا ، بيولوجية بقدر ما هى كيميائية • وهذه الفروق في المقياس تكون مليون ضعف الى واحد • وب نفس الطريقة تماما لا بد أن نحصل الآن على تنوع مماثل بين النجوم • ولكن ليس فقط في الحجم •

والمجموعة الثانية من النجوم التى تظهر في وضع غير عادى ، عند تسجيلها على الرسم البياني لهرتزبرنج — راسل ، هى ما تسمى بالأقزام البيضاء • وقد تم التعرف على هذه النجوم ، التى تقع في الركن الشمالى الأسفل من الرسم

الياباني ، لأول مرة حوالي عام ١٩٢٥ . وهي متناهية في الصغر ، لكنها بيضاء . وقد استنتج واحد معين منها ، على سبيل المثال ، لأول مرة من التحركات الغير متوقعة لنجم كلب الجبار الشعري (سيريس) ، وعندما تم التعرف عليها وحسبت كتلتها وجد أنها تماثل الشمس تقريبا في قتلها مع أنها في ضعف حجم الأرض فقط . بالتقريب . وهنا نجد لدينا نجما لا يبد أنه مكون من مادة أثقل كثيرا من أى شيء نعرفه هنا . وفي الواقع ، دل المنطق القوي للمشاهدة العلمية على أن هذه المادة ثقلا قدر ثقل الرصاص ثلاثة آلاف مرة . ولتصغرها بطريقة أخرى ، فكوب زجاجي سعة نصف كورات (١) إذا ملئ برمل من هذا النجم فإنه قد يكون خمسة وعشرون ملنا أو أكثر هنا .

وعندما استنتج لأول مرة أن المادة التي تتكون منها الأقزام البيضاء أقل حوالي ستون ألف مرة من تلك التي تتكون منها الشمس ، لم يتمكن عدد من الفلكيين أن يصدقوا ما توصلوا اليه . ومع ذلك فقد كانت كل حلقة في سلسلة المشاهدة والتعليل تقول حقيقة ، فكان هناك نظام كامل لقياس شدة الضوء ثبت صوابه مرارا في حالات أخرى كثيرة ؛ كما لا يمكن أيضا أن يكون تحليل ألوان الطيف مخطئا . فأى طراز من المادة بعد يمكن أن تكون هذه المادة الثقيلة التي تتكون منها هذه النجوم ؟

وهب علماء الفيزيكا عند هذه النقطة لمساعدة الفلكيين . وما أن فكروا ، وجدوا أن الوزن النوعي المحسوب لقزم أبيض الذي يبلغ أربعمائة ألف مرة قدر وزن الماء أو ثلاثة آلاف مرة قدر وزن الرصاص ليس غريبا على الإطلاق بل متلائما تماما مع النظريات الطبيعية . فإن من الثابت تماما مما اكتشف عن طبيعة الذرة أن ذرة أى مادة معينة — ولكن جزءا من صخر مثلا — عبارة عن نظام كوكبي على هيئة صورة مصغرة نسبيا بمسافات فلكية بين الإلكترونات الدائرية والنواة المركزية . ولهذا فنحن نعلم تماما أن ما يبدو أنه صخر صلب هو في الواقع تقريبا مكانه مفرغ أو ، لنصوغها بطريقة فنية أكثر ، انه مجال قوة بين جسيمات في عزلة شاسعة من الفراغ . فإذا حمرت الذرات تماما — ولم تفتت فقط كما في القنبلة الذرية بل دمرت تماما — وإذا تهدم بالتالي مجال

(١) كورات = ١٠١٢٦ لتر .

القوة فان الجسيمات المكونة لنجم المادة نادرا ما تحتاج لأي مساحة على الإطلاق ، وتكمن عندئذ الصخرة الكبيرة التي حجم ذرة الرمل .

ويدور في الواقع ، أن ذلك هو الحال في نجوم الأقزام البيضاء . لقد تدمرت ذراتها ، وأصبحت مادتها « منحلة » . وكما يقولها رودلف تيل « لقد تجملت كلها سويا » . وعندما أكمل علماء الفيزياء حساباتهم النظرية عما يمكن أن يكون عليه الوزن النوعي لمادة مستنفذة تماما بهذه الكيفية وجدوا أن نتائجهم اتفقت تماما مع النتائج التي وصلت اليها المشاهدات الفلكية عن الأقزام البيضاء القريبة من نجم كلب الجبار الشرقي .

ومن المهم أن نلاحظ بهذه المناسبة أن بجانب إطلاق طاقة « قليلة » ، عندهما نطلق قنابلنا الذرية المصنوعة بمعرفتنا ونهشم بذلك ذرات اليورانيوم جزئيا ، فان العلماء « يغيرون » من شكل الذرات الكيميائية على نطاق ضيق بعصرها معا بطريقة صناعية ، بالرغم من أنهم لم يتمكنوا بعد من اتمام ذلك بصورة مطلقة . فأكبر ضغط ثابت أمكن الحصول عليه حتى الآن في المعمل هو ٢٠٠٠ر٢٠٠٠ ضغط جوي فقط ، أي حوالي ثلاثة ملايين رطل على البوصة المربعة ويكفي ذلك فقط لعصر ذرات الكربون الغير منسقة الى الصورة المرتبة المحيطة للماس (ويصنع الماس الصناعي تجاريا بهذه الطريقة) . وهي ، على أي حال ، بداية . وربما يمكن لنا يوما ما أن نعصر التشكيلات البللورية كالماس الى درجة ما حتى تتقارب الالكترونات وتصبح المادة معدنا . وامكانية ضغط الذرات في معمل أرضي الى الدرجة التي تحدث في النجوم حتى ان المادة تصبح « منحلة » تماما ، مهما كان ، بعد فوق ما يمكن عمله حاليا .

والعلوم المختلفة التي كنا نناقشها في الأجزاء المتنوعة من هذا الكتاب يغطي كل منها ما يبدو لأول وهلة أنه مجال كبير مع أن كلا منها ، في الواقع ، مجرد صناعيا . وعندما نحاول أن ننظر الى تشكيلة العلوم كمجموعة كما كنا تفعل في هذه الصفحات ، سرعان ما يتضح كبر واتساع الفجوات في المعلومات التي لدينا .

وتطبيق الفيزياء والكيمياء على علم الفلك القديم يوضح بصورة قاطعة التي أي درجة لا زلنا تمسك بالافتراضات لنفس المشاهدات التي نحصل عليها

وبالأسباب لتلألئ الظواهر التي نكتشفها • وأنه حديثا فقط ظهر أن المناطق الداكنة السوداء التي تشاهد في الطريق اللبنى (أو طريق التبانة) ، ليست مناطق نخلو وفراغ ، بل سحبات كثيرة الضباب من ثلج و كربون ومركبات كالسيوم وما شابه ، يشار إليها في بعض الأحيان بالغبار الكوني • وقد أظهرت بعد ذلك تاملات معينة ، بعضها ديناميكي والبعض الآخر مطيافي ، أنه بجانب هذا الغبار كانت توجد أيضا كتل من غاز الهيدروجين المتحرك ببطء والمتناهي في الدقة • وهذه السحباب من الغاز تساوى في كثافتها حوالى واحد الى ألف فقط من كثافة غاز الهيدروجين الموجود على الأرض ولكن الكمية كلها ، يكونها هائلة في الحجم الذى تشغله ، كبيرة جدا وتكفى في الواقع ، لتهىء لمولد نجوم جديدة •

والتفسيرات التي أعطاها الفلكيون والفيزيقيون لما يؤديه كل هذا الغبار والغاز ليست كلها مقنعة • ويقال عن الملك ادوارد السابع أنه قال عندما أخبر أن السل داء يمكن معالجته ، « اذا كان يمكن معالجته فلم لا تشفى منه ؟ » وعقيدة العالم الحديث هى أن كل مجموعة من المشاهدات لها تفسير • ويمكن لنا اذن أن نردد مع الملك ادوارد ، « واذا كان لها تفسير فلم لا تفسر (بشكل مرضى) ؟ » •

والاجابة ، بالطبع ، أن علم نظام الكون — الذى تحول الفلك اليه الآن — هو علم جديد • ويمكن بالفعل القول بأنه قد اخترع منذ مائة وثلاثين عاما بواسطة الفلكى الألماني هنريش أولبرس • فأعظم معاونة أداها للتفكير العلمى كانت مناقشة سببت كثيرا من المتاعب • فقد اقترض ، أننا نجلس على كوكب صغير ، وهو الأرض ، محاط بغلاف وراء غلاف من نجوم كلها حولنا • وكما لو أن الأرض بقعة صغيرة في مركز بصلة لا نهائية في الكبر ، وكل قشرة مكونة من هذه الأعداد الكبيرة من نجوم يتفق أنها تقريبا على مسافات متساوية منا من كل جهة • وخارج هذه توجد « قشور بصلة » أخرى من نجوم وهكذا

الى مالا نهاية • وتلمع كل هذه النجوم فوقنا • ولا وجود ما يمنع ضوءها من السقوط على الأرض أخيرا ، حتى تلك التى من الطبقات الموجودة على مسافات متزايدة فى البعد فقد تأخذ بعض الوقت لتصل هنا • فلماذا ، اذن لا نفرق فى فيضان لا نهائى من ضوء منبثق أساسا من نجوم بعيدة للغاية وباهتة جدا لكنها كثيرة العدد بشكل هائل ؟ وحقيقة كونها مظلمة بالليل ، كما نرى ، توضح أن هناك شيئا غير مضبوط فى تفسير الموقف ويسمى عادة بتناقض أولبرز •

والآن ، وضع أولبرز فروضا عديدة اعتبر أنها ضرورية قبل أن يصبح من الممكن دراسة السماوات بطريقة منطقية منظمة - أى ، لكى تتأمل السماء كمكان علمى ، بدلا من أنها أراضى الصيد الخاصة بالآلهة والمعبودات والعفاريت والتوأمين والدبب الكبيرة • وكانت بعض افتراضاته :

(١) أن الكون مكان من نوع منتظم ؛ (٢) أنه نفس النوع من المكان الذى كان موجودا منذ ملايين قليلة من السنين وسيظل كذلك ؛ ثم (٣) أن قوانين الفيزيكا ، كما نعرفها ، تستخدم فى كل مكان فى الكون • ولكن حتى عندما نسلم بهذه الافتراضات الواقعية المعقولة ، فإن تناقض أولبرز يقود الى بعض النتائج الغريبة تماما • فعلى سبيل المثال ، كان أحسن تفسير أعطى للسبب فى أننا لماذا لا نفرق فى ضوء النجوم ليلا هو أن كل النجوم تتحرك مبتعدة عنا بسرعة لدرجة أن ضوء بعض من النجوم الأكثر بعدا لا يصل الى الأرض مطلقا • وتلك هى نظرية « الكون المتمد » •

وهناك عدد من الشواهد العلمية الأخرى تؤيد فكرة أن الكون بأكمله يتسع باستمرار ، كوجه مطبوع على بالونة عندما يجرى نفخها ساعة الاستعداد لحفلة ما • وبالرغم من أن تلك النظرية للكون المتمد الآخذ فى الاتساع الى الأبد ، تنتج من الحقائق كما نراها ، فهى لا تحير عقولا كثيرة فقط ، بل أيضا يؤدى منطقها الى مشاكل أكثر تعقيدا • فعلى سبيل المثال ، اذا كان الكون يمتد فلا بد أن تكون كمية المادة المحدودة فيه تمتد أيضا ، ومستصبح كثافتها أقبل

باستمرار • ولكن إذا كان ذلك صحيحاً فهذا بمخالف مباشرة لافتراض أولبرز الثاني قال أنه كان ضرورياً لأي تسليم منطقي بالكون كمكان يعيش فيه أنه لا بد أن يكون ثابتاً بمرور الوقت • وإذا كان ذلك صحيحاً فالتفسير الوحيد المرضي لكيفية استطاعة الكون الاستمرار في الاتساع بدون متوسط كثافة المادة هو أن نفترض خلقاً مستمراً للمادة • وذلك ، بالفعل ، هو الاعتقاد العلمي السائد • فتعليل الليل المظلم يؤدي إلى قاعدة النظام الكوني الممتد ، والاتساع في كون ذي طراز غير متغير يؤدي إلى فكرة الخلق المستمر ، والحلقات المتزوجة من الهيدروجين المخلوق حديثاً تولد نجومًا ويؤدي الضغط المتزايد بمقتضى قوانين الجاذبية إلى التجميع النووي وتنوع العناصر الكيميائية ، وقد يأتي آخر كل ذلك انحلال المادة المتجمدة والمتزوجة والتي يبلغ قهلهما ثلاثة آلاف مرة قدر قهله الرصاص •

ويعتمد هذا التصور الكبير لما يحدث في الكون على صحة فرض أولبرز بأن طبيعة الكون لا تتغير بين وقت وآخر • وربما ، لذلك ، لابد لنا الآن أن نعتبر هذا العنصر الخاص من تفكيرنا العلمي — وهو الزمن •

فمنذ ثلاثمائة عام أو حوالي ذلك ، اعتقد العلماء أنهم عرفوا ما هو الوزن • واعتقدوا أيضاً أن الوزن له معنى ثابت ومطلق ، وأوضح نيوتن أن ذلك ليس صحيحاً • فقد يزن أن الأشياء تزن أقل على قمة جبل عما تزن عند سطح البحر ، وأنها تزن أكثر في قاع منجم فحم • وبصفة أخرى ، يتأثر الوزن بالجاذبية • ونحن نعرف اليوم أننا سنزن جميعنا في القمر أقل لدرجة أنه سيكون باستطاعتنا القفز فوق تل صغير من العشب اليابس • ولذلك اخترع نيوتن فكرة « الكتلة » كطريقة للتعبير عن كمية المادة الموجودة •

ولكن أينشتاين الآن قد أثبت ، بعد ذلك بثلاثة قرون ، أن الكتلة بدورها أيضاً من طراز متغير • فقد أثبت أنه كلما تحرك شيء بسرعة أكبر زادت كتلته • فالإلكترون المتحرك غير أنبوبة التليفزيون يصبح أهول أثناء العملية • ويقودنا

ذلك . كيفنا كان ، الى فكرة الزمن ، وواضح أن الزمن عنصر سرعة . فمثلاً ، تتضمن سرعة الضوء فكرة ثائية ، يتحرك فيها فوتون مسافة ٦٠.٠٠٠ ميل في الثانية . وعندما يناقش الفلكي المسافة بين النجوم فهو يستعمل « السنة » — وحدة زمن — كجزء من السنة الضوئية ، التي يجعلها مناسبة لقياس المسافة .

والعلم مجال فكر جذاب لكثير من الناس لأنه يبدو قاطعاً تماماً . فهو يدرك الأمر كله ببيانات وحقائق على هيئة وحدات ثابتة ومعروفة جيداً . ولكن حالياً ، في ضوء انبثاق التفكير الجديد للقرن العشرين الذي لا زلنا فيه ، حتى هذه اللحظة ، فهذه الموحديات التي تبدو واضحة وغير متغيرة قد أصبحت أقل تحديداً وسهولة في ادراكها . فقد تعود الكيمائي أن يعتمد على عملية الوزن ليؤنس وحداته الأساسية ونقطة ابتدائه . ولكن الوزن يتأثر بالجاذبية ، فتحول الى الكتلة كشيء يتعلق به ، والكتلة تتغير بالسرعة . فهل يمكن له ، إذن ، بساعة السباق في يده ، أن يستعمل الزمن كأساس للقياس يمكن الاعتماد عليه ؟

وأסף أن أقول أن الإجابة ، كلا . فأول كل شيء يتأثر الوقت بالجاذبية . وكان استحق نيوتن هو من عرف في القرن السابع عشر أن بندول الساعة يمضي بسرعة أقل عند خط الاستواء حيث الجاذبية أكبر ، عن أي مكان آخر على الأرض . ولدينا حالياً تحت تصرفنا ساعات أكثر دقة ويعتمد عليها أكثر من تلك التي تعمل ببندول : وهذه تستعمل زمن تذبذب الإلكترونات كنظام الضبط الذي يقاس به الوقت ، وتوضح هذه التذبذبات تماماً على هيئة طول موجة الضوء الذي تشعه . وتماثلاً كما يعرف زمن ذبذبة وتر الرابطة بالنغم الموسيقي الذي يجده ، فكذلك يمثل زمن تذبذب الكثرؤن بلون الضوء الذي يعطيه ، وكان اينشتين أول رجل استنتج أن الزمن ليس له معنى مطلق . فقد قال ، أنه سيتأثر بالجاذبية ، وقد اتضح أنه كذلك . ففي ضوء نجم القسزم الأبيض الذي يظهر قرب نجم كلب الجزار الشعري حيث يكون تأثير جاذبية

كثافة المادة الهائلة التي تتكون منها كبرا ، هناك يمر الزمن ببطء أو لنصوغها بطريقة علمية ، تتحول خطوط ألوان الطيف للالكترونات المتذبذبة إلى القسم الأحمر من الطيف ، أو أبداً .

وقد عرف الفيزيقيون منذ عام ١٨٨٣ أن هناك شيئاً غريباً بالنسبة للزمن . ففى هذا العام قام أمريكيان - عالم طبيعى ألبرت ميكسلون ، وكيميائى ، ادوارد مورلى - بما سعى منذ ذلك الوقت بتجربة ميكلسون - مورلى . وبالاختصار ، فإن ما أظهره هذان الرجلان هو أن سرعة الضوء - ٢٩٩٩١٠ كيلو متر فى الثانية ، أو حوالى ذلك (والتقديرات الأخيرة فى بعض الأحيان بين ٢٩٩٩٧٧٣ ، ٢٩٩٩٧٧٦ كيلو متر فى الثانية) كانت دائماً ٢٩٩٩١٠ كيلو متر فى الثانية أو حوالى ذلك ، سواء كنت مندفعاً ناحية مصدر الضوء عندما تتأرجح الأرض الى الأمام فى مدارها أو كنت مندفعاً بعيداً عن الضوء أثناء دوران الأرض الى الخلف فى الاتجاه الآخر . وبهذه الحقيقة الشاذة كأساس - أنك عندما تصل الى سرعة الضوء يصبح الزمن لا معنى له علمياً - أعطى اينشتين نظرية عامة بأن الزمن يعتمد على السرعة ، فعندما تسافر بسرعة كبيرة جداً ، جداً ، تمضى الساعات كلها ببطء ! والآن حيث اخترعت الأقمار الصناعية، قد تتمكن فى الواقع ، من السفر بسرعة كبيرة جداً جداً ، حتى أن هذه المعلومات قد تصبح ذات أهمية عملية بجانب أهميتها النظرية تماماً .

والفنان العظيم هو رجل يعطى جيله الخاص صدمة لا يفيقون منها أبداً ، لاهم ولا أى جيل تابع . وهو يفعل ذلك بمشاهدته للحقيقة حوله بطريقة جديدة . فبعد أن أنتج رسامو عصر النهضة فى ايطاليا أنواعهم الجديدة من الصور لم يستطع أحد أبداً أن يعود الى الوراء . وبعد ذلك بكثير هوجم ترنر بأنه « يلقى علبه طحان فى وجه الجمهور » ، وابشتين فى جيلنا الحالى ، الذى بُذ وسخف فى شبابه ، ترك صورة السيدة مريم العذراء مع ابنها فى ميدان كلفندش وصورة السيد المسيح فى كاتدرائية لانداى اللتان أحدثتا تغييراً

مستديما في الطريقة التي نرى بها الجمال حاليا • واينشتين بالمثل ، فنان في التفكير العلمي أظهر أن الكتلة والطاقة يتغيرا أحدهما الآخر • وفي خلال ثلاثين عاما أثبت صنع القنبلة الذرية أن منطقته صحيح • وقد علل أيضا بأن الزمن يعتمد على السرعة • والحقيقة بأننا لم نستفد بعد من هذه العلاقة لا يقلل من عظمة اكتشافه •

وقد أدرك اينشتين أيضا ، في هذا العالم الذي نعيش فيه ، أن الفضاء والزمن مشتبكان سويا بطريقة لا تحل • وهذه الطريقة الرياضية في الكلام قد جعلت الفكرة مختلطة على كثير من الناس • والخلاصة ، كيفما كان ، هي أن الفكرة سهلة الإدراك • فقد تحقق هرشل ، وبعبارة موسيقى اتخذ الفلك كهواية ، وكان أستاذًا للموسيقى في باث وهو في السادسة والثلاثين من عمره ، تحقق لأول مرة في ثمانينات القرن السابع عشر من أن الفلكيين الآخرين كانوا مخطئين في التفكير عن القبة الزرقاء المرصعة بالنجوم على أنها السطح الداخلي لكرة مفرغة • فقد اعتبر السماوات ، بمنظاره العاكس الجديد ، الكبير ، كمنظر خلوي له عمق • والتعمق الفنى لشخص كرمبرانت أوفان جوخ ، وبالنظرة الجديدة لشخص كداروين أو اينشتين ، تحقق أنه لم يكن ينظر فقط في الفضاء ، بل في الماضي أيضا • وابتدع اينشتين ما أسماه « متصل الزمن والفضاء ، ذات الأبعاد الأربعة » • وقد أدرك هرشل نفس الفكرة ، قبل ذلك بحوالى ثلاثمائة عام تقريبا ، بأن الزمن مركبا أساسيا من الفضاء • فما رآه عام ١٧٨٠ لم تكن النجوم كما هي وقتئذ بل نفس تلك النجوم كما كانت في الماضي منذ سنين وقرون ، بل ودهور وقت أن بعث بالفعل الضوء الذي يصل الى عينيه حينئذ • ويعنى ذلك أننا عندما ننظر عاليا في السماء لانرى صورة الكون كما هو الآن • فجباج الأشياء الموجودة في الفراغ نرى أزمنة مختلفة •

والكيمياء تتعلق بتركيب المادة • ونعرف الآن بعد قرون من التفكير والبحث أن الكيمياء ، فيزيقا ، وأن العناصر التسعين أو حوالى ذلك المتنوعة التي تكون

الأرض والكواكب وكثيراً من النجوم — كالكربون والأكسجين والتروجين والهيدروجين التي تتكون منها المنضدة الخشبية التي أكتب عليها ، والكبريت والحديد والنحاس والقصدير واليورانيوم التي تكون الصخور — كل هذه جسيمات ملتصقة مع بعضها في شبكة من الطاقة. وحالياً فوق ذلك ، جمعت ونسقت مشاهدات الفلكيين لتبين أن الكتلة الكيميائية ، التي ظهر أنها يمكن أن تتحول إلى طاقة في عدد من محطات القوى النووية ، تعتمد هي نفسها على السرعة .

فكلما أسرعرت ازدادت الكتلة إلى أن تفضى بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميل في الثانية — أى سرعة الضوء — حيث ، لا يمكنها أن تفضى بسرعة أكبر من ذلك . ومن جهة أخرى فإنه كما تتأثر الكتلة بزمان التحرك ، كذلك يتأثر الزمن أيضاً بالكتلة . فتحت تأثير الجاذبية ، الذي يعد مظهرًا للكتلة ، يتغير الزمن ، وكل الساعات تفضى ببطء .

وكثير من التوسع الهائل في فهم الإنسان لطبيعة العالم الكوني الذي نما منذ عام ١٩٣١ كان بسبب « رؤية » السماوات خلال موجات اللاسلكى وكذلك خلال موجات الضوء . ففي عام ١٩٣١ ، التقط كارل جانسكى ، مهندس اللاسلكى بشركة بل للتليفونات بالولايات المتحدة ، ضوءاً على موجته القصيرة بجهاز الراديو المحلى . ولم يعرف ماذا كان سببها ، ولكن كان لديه رأى — لمح بداهة ، إذا أردت أن تدعوه كذلك — بأن مصدر موجات الراديو كان في السماء . وأنصت ، وثبت أن افتراضه كان مضبوطاً عندما وجد أن الصوت المحدث للصغير قد عاد في حينه إلى جهاز الاستقبال الخاص به كل ٢٣ ساعة و٥٦ ثانية عندما دارت الأرض حول محورها . وفي الواقع ، فقد تحقق أن أصوات الراديو كان مصدرها عند نقطة في الطريق اللبنى في برج الرامى .

وحالياً ، بعد أكثر من عشرين عاماً من الدراسة يبدو واضحاً أن هذه الموجات بسبب سحب كبير من أبخرة معدنية ومن غاز هيدروجين منتشر عند

أماكن خاصة في مجرتنا • ومنذ أن أمكن للإنسان ، خلال الألف سنة القليلة من التمدن أن يفكر ويلاحظ ويسجل ما يلاحظه ، لم يقصر في دراسة السماوات بعينه ، وساعده بعد ذلك مختلف أنواع المناظير الضوئية • فقد أوضح كوبرنيكوس ، وجاليليو ، وبراخ ، وكبلر ، وهرشل بـ أوضح كل هؤلاء أن السماوات كبيرة جدا وأن النجوم بعيدة جدا • ولكن الطريقة الجديدة « للرؤية » بالراديو حاليا ، التي هي نفسها اختراع لجيلنا الخاص فقط (وربما نصف جيل آباءنا أيضا) ، أعطت لنا أدلة على أن العالم أكثر اتساعا حتى مما اعتقدنا • ونحن ، بالرغم من أنه يمكننا إدراك الكون في عقولنا ، نجد أنفسنا أصغر كذلك بالنسبة للمكان الممتد الجديد الذي يحيطه •

فكبدية ، أظهرت أجهزة الفلك اللاسلكي أنه يوجد عدد كبير من سحبان الهيدروجين المتحركة في متجرة الطريق اللبنى ، وبين هذه الأنهار الهائلة من الغاز ، يبدو أنه توجد مناطق فارغة • وقد برهن الفلك اللاسلكي أن هذه المجرة ، التي تعد الشمس نجما تافها فيها بين ملايين من الآخرين ، شكلها مثل حلزون منبسط •

وقد أثبتت المناظير الضوئية والرجال الذين وراها شيئا من ذلك قبل أن تستخدم موجات الراديو • ولكن حاليا وقد أمكن الحصول عليها يحتل أن تكشف المعلومات التي تعطيها أفكارا جديدة ستؤثر على كل علومنا • ويذل الفلكيون العاديون جهودا أكبر ليلمحوا المجرات التي هم بمسندنا جدا عن مجرتنا • ومن جهة أخرى ، يسترعى اتجاه الفلكيين اللاسلكيين ضوءا الراديو المرسل بواسطة مجرات معينة ، حتى إذا كانت على مسافة بعيدة جدا عنا • وكمثال للمعلومات الجديدة التي أصبحت في متناول اليد هناك النظرية الخاطئة لجندليم برج السرطان في متجرة النور • فيبدو أن هذا السديم يتكون من غاز في حالة حركة عنيفة • وهو بقية من انفجار كوكبي هائل لوحظ حدوثه في عام ١٠٥٤ ميلادية • واضطراب ذرات الغاز يجعلها تشع موجات الراديو

التي يسميها الفلكيون الحديثون كأصوات • ولكن الاشعاع من السديم ذاته قوى بدرجة ملحوظة • وتأتى كذلك فى نفس المصدر أشعة كونية وجد أنها قادرة على النفاذ خلال ألف قدم من طبقات الصخر • وليس هناك على الأرض عملية ذرية معروفة لنا يمكنها اعطاء طاقات بأى كيفية تماثل هذا القدر للجسيمات المشحونة كهربائيا • فالعيون الجديدة التي اخترعناها - أشير ثانية الى المناظير اللاسلكية - تسمح لنا برؤية الأبعد ، ولكن أيضا برؤية ظواهر جديدة كذلك ، والتي لا زلنا حتى الآن متحيرين فى اعطاء التفسير المرضي لها •

والعلم فلسفة يمكن للشجاع فقط أن يسلم بها • والافتناع بالنسبة لعالم لا يعد مقدسا ببساطة بسبب تعلمه ذلك فى شبابه • ولهذا فهو لا يستطيع طلب ثقة الناس الآخرين الذين يعلموا أنهم على صواب - ليس بأى طريقة من تفكير منطقي ، لاحظ ذلك ، بل لمجرد علمهم • فاذا أشارت حقائق جديدة الى اتجاه جديد لا بد للعالم أن يلغى أفكاره السابق اعتناقها ويتبع الحقيقة أينما يقوده ذهنه •

ونحن نعيش على كوكب صغير ، وهو الأرض • وقد كان ذلك العالم الصغير ذاته فى يوم ما كونا لا حدود له • ففى ركن الخرائط القديمة كانت توجد الأساطير - « هنا موطن الافغوان • » وسريعا ، حملنا جاليليو وآخرين ، بالمشاهدة والتفكير ، الى كون أوسع ، النظام الشمسى • ثم ، نحن قد عرفنا أننا ببساطة القمر البارد البعيد ، نلف حول فلك الشمس العظيم ، سويا مع الزهرة ، كوكب المساء ، والكواكب الأخرى •

والمرحلة التالية فى فهم الانسان لمكانه جاءت مع الاكتشاف الذى قام به توماس رايت عام ١٧٤٠ ، أو حوالى ذلك ، بأن النظام الشمسى هو فى الواقع جزء صغير فقط من مجموع كبير - مجرة الطريق اللبنى • وتماثما كما تحدد الأرض والكواكب مساحة منبسطة على شكل القرص ، عند دورانها فى الفراغ ، فكذلك شوهد الآن أن هذا القرص يكون ذرة واحدة من عدد وفير من النجوم أنفسها تدور كلها مجتمعة على هيئة قرص منبسط أكبر بكثير • وهذا المنقود الكبير من النجوم هى الصورة السماوية التي نعيش فيها •

ولكن حاليا ، منذ التاريخ الحديث جدا لعام ١٩٢٥ عندما ابتدأ تشغيل المناظير العظيمة في جبل ويلسون وجبل بالومار - والتي دفع ثمنها اثنان من أصحاب الملايين الأمريكيين ، أندرو كارنيجي الذى نشأ أول الأمر من دافرملين في مقاطعة فايف باسكتلندا ، وجون د . هوكر من كاليفورنيا - كان لابد أن نألف فكرة جديدة . أن مجرة الطريق اللبنى الخاصة بنا ليست من نوع خاص أو مهم على الإطلاق . فحولها في جميع الاتجاهات توجد مجرات أخرى بحجم مساو . وفي نطاق مليون ونصف مليون سنة ضوئية منا توجد عشرة أكوان أخرى . وخارج هذه يوجد غيرها كثير . وقد قدر أدوارد هابل ، باستعمال المنظار ١٠٠ بوصة على جبل ويلسون ، قدر العدد الكلى للمجرات بحوالى مائة مليون .

والكرة المتوهجة التى هى الشمس تستمد طاقتها ، كما هو مسلم به الآن عموما ، من انفجار نووى مائل نوعا لذلك الخاص بقنبلة هيدروجينية . وبالرغم من أن الانسان يستطيع رؤية الشمس في حالة اضطراب جسيم في فترة الكسوف الكلى ، وذلك مبين أيضا بالبقع الشمسية التى تؤثر على الحالة الجوية وتتداخل في ارسال موجات الراديو ، فعموما ، تمضى التفاعلات على الشمس بسهولة . ومع ذلك ، كان معروفا لعدد من القرون أن انفجارات ذرية هائلة توجد من وقت لآخر ، وقد تنفجر نجوم بأكملها مبتعدة بشعلة كبيرة من الطاقة تكفى لتكبير وميضها عشرة آلاف مرة بالنسبة للفلكيين الذين يرقبون عن بعد . وبجانب المستشعرات ، كما تسمى هذه النجوم المنفجرة يلاحظ أحيانا حدوث انقراضات كوفية أكبر تماما من ذلك . فانهجار في مجرة بعيدة سيُشاهد أنه أكثر عنفا ألف مرة عن ذلك الخاص بمستشعر . حقا ، فالقوة التى يتواجد بها النجم الشديد الانفجار كبيرة جدا للدرجة أن ضوءه قد يزيد عن ضوء المليون نجم الآخرين الذين يكونون المجرة مجتمعين .

وسبب وطبيعة هذه الأحداث ليس مفهوما تماما ولكنها على الأقل يوضحان أن النجوم والمجرات قد لا تتحرك « دائما » في مجرياتها المحددة المتوقعة . ومن المفيد أن نعرف أن ذلك صحيح - أن هذه حقيقة ضمن الكثير الذي نشأ عنه نظامنا العائلي - لأن الشواهد التي جاء بها هايل ومن عملوا معه في جبل ويلسون أشارت إلى استنتاج واحد : « واحد فقط - أن كل مجنوعات المجرات العديدة التي يعتبر الطريق اللبنى عضوا واحدا فقط فيها ضمن عدد كبير من ظواهر مختلفة عن بعضها كقطع شربل (١) عند انفجار قنبلة مبدئية .

ولا يسمح عالم لنفسه أن يتجاهل الحقائق . فقد تضمنت الاستنتاجات الناتجة عن مشاهدات هايل ومن تعليقات ريتشارد تولمان وبعض الآخرين أن معادلات اينشتاين قد يلزم تغييرها ومراجعتها . وقد ذهب اينشتاين إلى كاليفورنيا وناقش الحقائق الجديدة ، مع هؤلاء العلماء . وكان قد ثبت بواسطة محطات القوى النووية وتشغيل أجهزة التلفزيون وكثير خلاف ذلك ، أن آراء اينشتاين قد لا ثبت هذا الجزء من العالم تماما . ولكنه الآن قد وافق على أن هذا الكون الساكن الذي صمم له نظرياته ربما كان جزءا فقط من كون متحرك أكثر عموما .

والفلكيون غير مهتمين بالفعل بإطلاق الآلات حول القمر . فان ما يشيرونهم هو الحقيقة بأنهم يشعرون بأنفسهم وهم على وشك أن يتعلموا شيئا أساسيا عن الكيفية والنظام والتغير في العالم على نطاق متسع .

(١) شربل : نوع من القنابل تتأثر شظاياها على مساحات واسعة سيهت باسم مخترعها هـ . شربل (المترجم)

الفصل العاشر

حدود العلم

الصفة المميزة في العلم هي أنه يستخدم طريقة تقدمية للتعامل مع الأفكار . يؤدي أحد الأشياء الى آخر ، ويؤدي الآخر عندئذ الى شيء ثالث ، وهكذا تمضي السلسلة المنطقية — كل حلقة متصلة بأحكام بالحلقات التالية لها — لأشواط لعائلة تماما . وهناك صفتان خاصتان لهذه الطريقة : الأولى أن كل خطوة قد تكون بسيطة للغاية ، أذكر جيدا حضوري اجتماعا في كامبردج ، عندما كان السير فرديريك هوبكنز ، الذي كان وقتئذ رجلا مسنا ، يناقش تجربة قام بها ليظهر فعل مركب كيميائي ، يدعى حاليا ريبوفلافين ، على فيتامين ج في اللبن . وكان أساس العمل التجريبي وضع دورق من الزجاج يحتوى المادتين على أفرز النافذة في ضوء الشمس ويراقب ما حدث . ولم يمكن أن تكون التجربة الفعلية أكثر بساطة .

وقوة هذه التجربة البسيطة — وهناك كثير غيرها في العلم الحديث اذ على سبيل المثال ، كان السير رودولف بيتزر ، يعلن دائما ، ما حدث عند تقطيعه عقل حمامة قطعا صغيرة يسكن من العظم بدلا من أخرى معدنية — تقول ان قوة هذه التجربة البسيطة هي أنها كونت حلقة في سلسلة من مشاهدة ومنطق . فقد أظهرت التجربة التوضيحية على ضوء الشمس في كامبردج من ناحية كيف أن التشكيل الكيميائي المتعرف عليه ، الريوفلافين ، للمشكل على هيئة ثلاثة صناديق من السلك المشدود بمقبض ، وهو تشابك مرتب من ذرات كربون ونيروجين متعلقة مع أوكسجين وهيدروجين يتلائم مع بعض الجزئيات الأخرى الكبيرة ، واحدة على كل جانب ، ليكون نظاما للتوصيل في اتجاهين لمسار

للإلكترونات - وحدات الكهرباء السالبة • وهذه هي الكيمياء في أسلوبها الجديد • ولكن بنفس الطريقة ، فالكهرباء مظهر للطاقة ، وسلسلة المنطق - كل خطوة مكونة من مشاهدة بسيطة ، ليست عادة أكثر غموضا من منظر صبغة ، التوتيا الزرقاء ، مثلا ، وهي تفقد لونها ، أو ربما ورق عباد الشمس الأزرق وهو يتحول الى أحمر - تؤدي بعد الالتواء والتحول بواسطة عدد أو آخر من الحلقات الى فوتونات ضوء الشمس التي يصل عن طريقها كمية ما من طاقة الأرض •

ففى ضوء الشمس ، وهو عالم الفيزيكا الواضح ، يأخذنا منطق العلم ، الماضى كالمادة خطوة بخطوة الى الكون الذى كنا نناقشه فى الفصل السابق من الكتاب • والمعادلات الرياضية لعلماء الفيزيكا تكون معقدة بدرجة كافية لو يواجهها الانسان وهو غير مستعد لها ، ولكن الطريق اليها متدرج كاثبات مسألة فى يوكليد مما تشطت به أيامنا المدرسية • والسبب فى أننا فشلنا فى الحصول على درجات نهائية فى المدرسة كان اما غباء ، أو قلة اهتمام ، أو ذاكرة رديئة حيث أن كل خطوة فى المسألة تتعاقب من السابقة لها • ولسوء الحظ ، فإن نفس الشيء صحيح فى الحياة المقبلة • وتأمل كم كانت بسيطة تلك التجربة الأساسية التى بنى عليها معظم الصرح العظيم للنظرية الفيزيكية الحديثة •

وعندما كان س • ت • ر • ويلسون شابا ، كان يعمل فى أجازاته فى أخذ تسجيلات بالمحطة المختصة بالتقلبات الجوية عند قمة بن نيفس ، أعلى جبل فى الجزر البريطانية • وقد أدهشه ظهور الأشعة الأفقية للشمس المشرقة حين تنتشر عبر بساط السحاب الذى كان يدور تحته • وقد أنشأ بعد ذلك فى كامبردج ، جهازا ليراقب ظواهر مماثلة فى سحب صناعية • وذلك كان «غرفة ويلسون السحابية» ، التى أظهرت مسار الجسيمات المشعة ، والأشعة الكونية ، والظواهر النووية عموما ، وكل جسيم عندما تحرك ورائه أثرا مرئيا من قطرات الماء فى السحاب الصناعى •

والركب الكيميائى ريوغلافين ، الذى كان السير فردريك هوبكنز يلاحظه فى ضوء الشمس هو أحد المواد البيولوجية التى تعد وسيطا ينتقل خلاله عمليات الطاقة للحياة • وهو ذاته مادة معقدة ، عندما يعتبر من وجهة نظر

الكيمياء للعضوية ، ولكن عندما تتبع خط المنطق العلمى المؤدى به الى الفيزيكا ، نجد أنفسنا مدركين كيانات أبسط وأبسط حتى تنتهى الى أقصى جسيمات الطاقة التى يتكون منها الكون . وهذه أحد حدود العلم . ودعنا نفترض للحظة أن النظرية الحديثة فى العلوم الطبيعية ، بأن الكون يمتد ، هى نظرية صحيحة . وهناك كمية كبيرة من الشواهد تعضدها ، ولكن حتى كذلك فليس خارج حدود الامكان أن يأتى شخص كآينشتين يتفحص هذه الشواهد بطريقة جديدة ، وقد يكون فى امكانه اظهار أنها يجب أن تفسر بصورة جديدة . ومع ذلك ، فإذا تمسكنا مع العقيدة السائدة وسلمنا بها يمكننا افتراض أن كل شئ حولنا يتعدعنا ، وأنه كلما كانت الأشياء أكثر فى البعد عنا كلما أسرع فى المضى الى الوراء . وعلى هذا ، فالنجوم والمجرات التى تكون بعيدة جدا جدا ، تتراجع الآن بسرعة كسرعة الضوء - أو أسرع لو كانوا قد تعلموا كيف يتحدوا آينشتين - وتكون النتيجة أننا لن نراها أبدا . وذلك اذن هو الحد الطبيعى للفيزيكا ، الذى تتجه نحوه بدراستنا الأمانة تماما للطاقة ، سواء لقوتونات الضوء أو للخلايا الحية التى يوجد الريبوفلافين كجزء فى عملياتها .

ولكن بجانب وجود حد فيزيقى ، فهناك آخر فلسفى أيضا ، فالكيميائى الذى يقوم بأداء تجارب فى الكيمياء يتعامل مع ملايين وملايين من الجزيئات . وهو يمكنه ، لذلك ، القيام بعمل تنبؤات على درجة كبيرة جدا من اليقين . فكمية ما من كلوريد الكالسيوم مضافة الى كمية ما من كبريتات الصوديوم مستعطى كمية من كبريتات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم قريبة بدرجة غير محسوسة من تلك المحسوبة . « فالتقوانين » العلمية للكيمياء صحيحة - أو صحيحة بقدر كاف للأغراض العلمية فى الصناعة الكيميائية . والقوانين البيولوجية أيضا ، صحيحة كذلك . فمع خصوبة الصنمين الواقعية ، من السليم أن تتنبأ بأن طفلا صينيا سيولد كل دقيقة - أو كل عشر ثوان ، أو كيفما قد يكون الوقت المضبوط . ولكن ذلك لا يعطى أى ضمان لسيدة واحدة معينة ، مسزوانج مثلا ، أنها ستلد طفلا فى أى لحظة خاصة ، أو ما اذا كانت ، بالفعل ، ستلد طفلا على الاطلاق .

وضمن القواعد الأولى للكيمياء التي تعلم للطلاب من أجل إعطاء ترتيب ونظام للأحداث التي يشاهدونها في المعمل وفي العالم خارجه أيضا يوجد قانون بويل وقانون شارل . والقاعدة التي تعطي هذين القانونين معنى منطقيًا هي المسماة بالنظرية الحركية للغازات . والاقتراضات الرئيسية التي توضح ما يحدث عندما تنضغط الغازات أو تتمدد أو تسخن أو تبرد أمثل سويًا أو علي هيئة محاليل ، هي أن الجزيئات المكونة عبارة عن كرات جلية مبرنة تمامًا ، مزودة بحركة انتقالية متوالية — أي ، تتخبط ككرات جولف دقيقة دائمة الحركة تقفز باستمرار داخل برميل من الويسكي — وتحتل حجمًا ثابتًا بالمقارنة إلى حجم البرميل . والسرعات والعزوم ، والطاقات ، واتجاهات الحركة ليست متماثلة لكل الجزيئات لغاز ما لكن يمكن حسابها طبقا لقوانين الاحتمال الرياضية الصحيحة .

وهذه ، بالطبع ، هي المسألة . فطالما أن العلم يتعامل مع تجمعات ، سواء كانت تجمعات من يكتريا أو باذلاء ، جردان بيضاء أو آيسين — أو كانت تجمعات من جزيئات غاز ، فقوانين العلم تنطبق . والطريقة العلمية المتقدمة المنظم ، المنطقي ، يمكن استخدامها . ولكن عندما تنقلص طريقة التحليل في الدراسة من جمهرة جزيئات إلى جزيء مفرد ومن ثم إلى الكترون مفرد أو إلى واحد من الجسيمات الأولية التي تتكون منها المادة ، ومن هنالك إلى جسيم من الطاقة الذي تتكون منه الجسيمات المتنوعة ، إذا كان علينا أن نصدق هيزنبرج — عندما حصل إلى تهسيم دقيق لهذا حصل إلى حدود العلم .

وهناك ، مع ذلك ، حدود فلسفية أكثر دقة تمضي بالفيزياء النظرية إلى الحد الذي لا يمكنها تخطيه . وهذه هي نظرية جودل لعدم الكمال .

فتقريبًا لكل ما يسمى قوانين الفيزياء والكيمياء مبني على الرياضيات . وكما ذكرت مؤخرًا عند فترة قصيرة ، فقوانين الاتحاد الكيميائي تتكون كلها بالضرورة إحصائية بناءً على أنها مبنية على الرياضيات . وفي الكيمياء — وقوانين الغاز — كل قوانين الكيمياء الفيزيائية ، والكيمياء الحيوية أيضًا ، والفيزياء على الأخص ، بحيث يتعامل مع حركات الجسيمات والقوى بينها — كل هذه تعتمد على الرياضيات . وقوانين نيوتن للحركة ودراساته لقوة الجاذبية موضوعة

بطريقة رياضية • واعادة اكمال نظريات نيوتن التي تلت بواسطة اينشتين ،
 وفي الواقع ، كل الفيزيكا الحديثة ، والفلك ، وعلم الكون أتقنت تماما في
 مصطلحات رياضية • وفي عام ١٩٣٣ ، مع ذلك ، أثبت شاب في السادسة
 والعشرين من عمره ، هو كورت جودل ، وهو تشيكوسلوفاكي يعمل في فيينا ،
 أنه بالرغم من أن قواعد الرياضيات قد مكنت العلم من بناء صرح هائل من
 المنطق ، فإن الأسس ليست أكثر امانا من تلك الخاصة بالتركيب المتداعي
 للادراك العام الذي يعيش فيه الناس غير العلمين • بعبارة أخرى ، أثبت جودل
 أنه بالرغم من الطريقة المتناسقة التي يتلائم بها المنطق الرياضي ، فلكي نظهر
 أن نظاما معينا للمنطق يكون ثابتا لابد من استخدام نظام آخر للمنطق •

وتمضى مناقشة جودل هكذا • الرياضيات نظام للمنطق مثلا لكل قيمة من
 أ ولكل قيمة من ب تكون (أ + ب) (أ - ب) = ب^٢ - ب^٢ فرضا صحيحا
 نبعاً لمنطق الرياضيات • والآن ، اخترع جودل نظاما أمكنه بواسطته أن
 يحسب ، لا الفروض الرياضية نفسها ، بل فروضا عن الفروض الرياضية •
 والرياضة ، بطبيعتها ، نظام تستخدم فيه الرموز - أى الأرقام تحت العشرة
 ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، صفر ، وفي الجبر كل أنواع الرموز
 الأخرى ، السينات ، الصادات - طبقا لقواعد محددة ثابتة • والأنواع المختلفة
 للمبادئ الرياضية يمكن أن تكون متنوعة تماما ودقيقة • فيمكننا استعمال
 جيوب وجيوب تمام حساب المثلثات ، ودالات \sin وتكاملات حساب
 التفاضل والتكامل ، أو القواعد الأكثر سفسطائية للجبر البولياني • ولكن كل
 شيء نفعله لابد أن يكون خاضعا للقيود العرفية للمبدأ - أى للقواعد الرياضية -
 والا فسيضيع منطق النظام وصحته • وبالاختصار ، لابد أن يكون كل نظام
 الرياضيات ثابتا • وأمر واحد يكون ضروريا تماما : لابد أن يكون من
 المستحيل دائما أن تشتق من مبدأ الرياضيات نتيجة ما ، وفي الوقت نفسه ،
 يشتق كذلك المضاد لنفس النتيجة • وذلك لا يمكن الاستغناء عنه بتاتا كشرط
 للتفكير المنطقي •

وما فعله جودل كان انشاء رقم جودل - أى تعبيراً رمزياً عن معادلة
 رياضية معينة • وأنشأ أيضا رقم جودل الذي يمثل نقي التعبير الأول • وواضح ،
 لذلك ، أن أحد هذين التعبيرين لابد أن يكون صحيحا والآخر خطأ • ولكبر

المعادلة المشار إليها كانت تعبيراً عن الطريقة الرياضية التي يمكن بواسطتها حساب معادلة ما توضح أن تلك المعادلة نفسها لا يمكن أن تشتق من البديهيات عن طريق القواعد . وقد تضمن ذلك ، أما أن المعادلة والتعبير عنها كانا صحيحين ولكن ليس من الممكن اثباتهما ، أو أن المعادلة يمكن اثباتها ولكنها لم تكن صحيحة !

وبالاختصار ، فما أظهره جودل مرضياً للرياضيين وعلماء المنطق القادرين على التعامل معه على المستوى الذهني الذي يعمل عنده ، هو أن التعليل الرياضي غير قادر على اظهار ثباته الخاص .

وفي عام ١٩٥٩ ، كتب عالمان أمريكيان ، أرنت فاجل وجيمس نيومان ، كتاباً يناقش متضمنات نظرية جودل لعلم الكمال ونشرت الجريدة الطبية الشهيرة ، لانست ، مراجعة مفصلة وطويلة له . وكان هناك سبب قوى تماماً لاهتمام جريدة لانست ، وهي جريدة تكتب للأطباء المتعلمين ، بالكلمة الأخيرة في المنطق الرياضي العالي ، وانها كذلك .

فما أثبتته جودل رياضياً - وقد نال لذلك جائزة أينشتين - هو أن المنطق البشري غير قادر على الحصول على برهان محكم من ادراكه الخاص . ففي العلم ، يمكن التأكد من تعليل أشياء كثيرة بالرجوع الى الحقيقة . فالكيميائي يستطيع أن يستنتج بأن أكسالات الصوديوم ستفاعل مع كلوريد الكالسيوم لتعطي أكسالات كالسيوم وكلوريد صوديوم . فهو يخلط الاثنين ببعضهما ويرقب ويشاهد،ها هو دليل الحقيقة أن أكسالات الكالسيوم قد ظهرت . ويستطيع أينشتين أن يستنتج أن $E = mc^2$ ، وأن الجاذبية ستثنى شعاعاً من الضوء ، وأنه عندما تجهز قنبلة ذرية وتفجر أو عندما يحدث خوف كلي للشمس يمكنه أن يلجأ الى الفيزيقا لاثبات تعليله . ولكن أخيراً نصل الى الحد ويصبح التعليل الرياضي الذي تبنى عليه النظرية النهائية - عن العالم الممتد والخلق المستمر والملاحظات الخفية عن متصل الزمن والقضاء الى آخر القائمة باضافاتها الى ما لا نهاية - يصبح التعليل الرياضي غير قابل للاثبات . وتعتبر عن ذلك جريدة لانست فتقول في تلخيصها (ربما يكون التقدير القاطع للانسان عن

تعليله الخاص ، باختصار ، قابلا للخطأ كالتعليل نفسه « والأفكار الثانية » ليست أكثر ضمانا من « الانطباعات الأولى » .

وتكون أرقام جودل نظاما رياضيا لاختبار صحة الرياضيات . تلك هي ما فوق الرياضيات . وعندما يحلل رجل تفكيره الخاص ليعيوب محتملة فانه يكون منعسا في « ما فوق التفكير » . ويحتمل أن تكون النتيجة فشلا ، وقد يؤدي الرجل بنفسه أخيرا الى موقف من الشك المتسلط . وهذا هو السبب في أن جريدة لانست كانت محقة في الاهتمام بموضوع الكلمة الأخيرة في النظرية الرياضية . فالمثقف المبتهى للكمال هو أكثر ما يميل الى دفع نفسه الى حالة الشك المتسلط ، طالبا التاكيد المطلق حتى يصل الى حالة من القلق المرضى لدرجة أنه يبدأ في التشكيك في سلامة عقله . ولهذا ، حتى في التفكير البحت للفيزيكس النظرية ، فان حدود العلم هي عقل العالم — أى ، أنها صفة بشرية .

ويمكن القول بأن الفيزيكا في النهاية هي الحد الأقصى في التحليل . فالطائر مخلوق غبى تماما . ونحن نستخدم عبارة « له عقل الطيور » كصفة لبطء الفهم و « قلب الفرخة » لنصف الرجل الخامل . والعالم الذى يدرس الطيور ، مع ذلك ، يتعرف على تعقيدها ، وسرعان ما يبدأ طريقة تحليلية لتقسيم دراسته الى أجزاء يمكن تديرها . فقد يختار أن يفحص أولا فصيلة من الطيور ، ولكنه سريعا ما ينكمش ويحدد اهتمامه في وظائف الأعضاء الخاصة بالطيور ، أو ربما في تربية الدواجن ، أو في التناسل . ولى صديق قضى عشر سنوات في فحص البيضة على مستواها الجزيئى . والسير فردريك هوبكنز ، بمخباره للريوفلافين الذائبة على عتبة الشباك السفلى المشمسة في كامبردج ، يقوم بجزء في دراسة على هذا القدر من التقسيم ، فالريوفلافين الذى يقسه هو جزيء كيميائى مهم لحياة بيضة . ثم كما رأينا ، ينكمش التحليل أكثر وأكثر حتى يصبح الجسيم المفرد للفيزيكا الذرية أخيرا هو النهاية ، والمبادئ الرياضية الغير مثبتة التى يحكم بواسطتها هي الحد .

ولكن اذا كانت بساطة الجسيم الذرى النهائى حدا للعلم من جانب فان تعقيد الكيمياء البيولوجية هي الحد من الجانب الآخر . فعالم الأجنة الذى يتفحص البيضة للموضوعة حديثا وهي ترقد تحت أمها (أو أبوها ، تبعا لفصيلة الطير)

أو في مفرخها بإمكانه أن يتحكم في كمية هائلة من المعرفة العلمية . فيستطيع أن يتبأ كيف ستقسم الخلية المخصبة ، وكيف ستضاعف بالتقسيم ، وستعرف سريعا على الجهاز العصبي ، عندما ينمو ، والجهاز الخاص بأوعية الدم ، وميكانيكية الهضم ، وتكوين الجلد والعين والأعضاء . وقد يكون خبيرا في كيمياء الأجنة ويتتبع التغيرات وتفاعلات المركبات الكيميائية في المخلوق النامي عندما يعيد تنظيم وتنسيق كيميائته بنفسه داخل غلافه .

وقد سلمنا بأن الفيزيكا ، بسيطة - على الأقل كما هو الحال بالنسبة للعلوم فهي بسيطة . فهناك في أسوأ الحالات دسمة فقط أو حوالى ذلك من الجسيمات التي تؤخذ في الاعتبار أو ، اذا كان مبدأ هيزنبرج صحيحا ، فهناك واحدة فقط من مجموعة من الحالات المختلفة من التنظيم . والكيمياء أقل بساطة من الفيزيكا ، لأن هناك اثنين وتسعين عنصرا موجودين على الطبيعة تؤخذ في الاعتبار . ففي المكتبات العلمية يستطيع الفرد أن يجد أجزاء ضخمة ، ليست عن الكيمياء بأجمعها ، بل عن « مركبات الكيريت » أو الفوسفور » أو حتى في « نواح معينة لكيمياء البورون » . والعلماء الذين يكتبون هذه هم كيميائيو كيريت ، أو خبراء فوسفور ، أو متخصصون في تفاعلات البورون . ومع ذلك ، يمكن للمجادلة بأنه لا زال هناك بعض الموضوع المنطقي والبساطة لهذا النوع من الكيمياء ، حتى اذا استنفدت من رجل فترة حياته بأكملها ليتغلب على مشكلات عنصر واحد .

وعندما نبدأ في تأمل عنصر الكربون تصبح الكيمياء معقدة . فالكربون هو المكون الأساسي للمواد البيولوجية . والتعريف الفني للكيمياء العضوية هو كيمياء مركبات الكربون . ومع هذا فالتركيب الذري لذرة الكربون ليس معقدا بدون داع . فصفتها الخاصة هي أنه ، كحلقات حلقة من درع متشابك ، كل ذرة كربون يمكنها أن تقرن نفسها ببساطة تامة مع ذرات الكربون الأخرى الموجودة حولها . وكل حلقة من سلسلة الدرع تماثل أى حلقة أخرى . فهي عروة بسيطة من سلك . ومع ذلك فمن الذى قد يأخذ على عاتقه أن يصف ويصنف كل الأشياء التي يمكن عملها من حلقات انفسطة مثل قفازات ، مآزر ، قبعات ، صعديرات ، لحافات ، والأجزاء الواقية لمؤخر الزقبة ، والأواني التي تلبس تحت قميص الحريرى ؟ ولا حظ التعقيدات الناجمة عن الأحكام والأماليب المختلفة ،

والتقليد القومية المختلفة ، والأغراض المختلفة ، على حين المثال ، الواقعية في
حركة أو مشاجرة خاصة أقل تعديدا حيث تلزم ملابس خاصة للرجال ، وللنساء
أو للخنثى .

ولكن إذا كان هناك عدد كبير من التبادل والتوافق الممكنة عند وصل
وحدات حلقات سلسلة الدرع فتأمل كم من الاحتمالات الممكنة الأخرى توجد
لذرات الكربون . فالتباين في الحجم بين الجزيئات الصغيرة تلك المنواد
البيولوجية البسيطة نسبيا كالجلوكوز وحامض اللاكتيك ومركبات الجلستريول
وغير الجزيئات الكبيرة للبروتينات التي تكون منها الأنسجة الحية هائل جدا ،
فالجزيئات الكثيرة أكبر ملايين المرات من الصغيرة ، وزيادة على ذلك فيمتد
تصنع الأدوات المكونة من الدرع المتشابك من الجزير وحده ، أو على أمثوا
الحالات من جزير من معدنين أو ثلاثة معادن مختلفة فقط ، فالتركييب البيولوجية
بالرغم من أنها مشيدة فوق هيكل من كربون فهي تحتوى كيميائيات هائلة من
نيتروجين وأكسوجين وفوسفور وكبريت موضوعة فيها كما أنها محاطة بشبكة
من ذرات هيدروجين . وأهم صفة تدعم الامكان اللانهائى للتنوع ، مع ذلك ،
هى حقيقة أن الأنسجة البيولوجية والجزيئات الكيميائية الكبيرة التي تتكون
منها تكون ذات أبعاد ثلاثة .

وقد وجد في فترة ما فرض مألوف كان سائدا في علم الأجنة . وسمى «نظرية
الخلاصة» ، فكانت الفكرة أنه مهما قد يكون المخلوق متقدما أو يكون من طراز
بيولوجي عند أعلى المقياس — سواء كان ، على سبيل المثال ، فأثزا مشهورا
لمسابقة كلاب الرعاة أو حتى رئيس وزارة مجتهد — فسيبدأ دائما كخلية بسيطة ،
لا تزيد في درجتها عن الأميبا . وببعض النيو فهو يستخلص تدريجيا الارتقاء
الكامل للتطويع البيولوجي ، فيصبح أولا دودة بسيطة ، ثم سمكة ثم أقل
الفقرات . وأخيرا فكل مخلوق كما ولد يئثل في النهاية طرازه الخاص . فأول
الأم ، يكون الطفل مجرد طفل والجرو جرو . وأنه فقط في النهاية يلتحق بالطبقة
الأكثر سموا ، والأقل بكثير من رؤساء الوزارات أو أبطال سباق كلاب الرعاة .
وعندما اختبرت نظرية الخلاصة بعناية بواسطة العلماء ، كان لا بد من
الغائها . فهي ليست ، في الواقع ، صحيحة بدقة وثبات . ولكن الفكرة التي

تمثلها لها فائدتها • فنحن نحمل في جباتنا عددا من المواد البسيطة والصفات المتواضعة التي يمكن ادراكها تماما بالعلم ، في ظل طبيعتها البدائية ، حتى حين تقع ضمن التعقيد والتنوع الهائلين للكيمياء البيولوجية • فالريوفلافين الخاص بالسير فرديريك هوبكنز ونظام الكيمياء الحيوية الذى يكون منها جزءا ، بالرغم من أنه يبدو دقيق الصنع ، فهو اليوم مفهوم تماما • فهو ، كما ذكرت سابقا ، نظام الاحتراق الذى تعمل بواسطته الآلة البيولوجية • وكل المخلوقات الشائعة التى نعرفها جيدا - الانسان والقطط والطيور والحيوانات المستأنسة - تتبع نفس هذا النظام • وتفسيره يقع في نطاق حدود العلم ، بالرغم من أنه قد تطلب الاكتشافات المشتركة لأجيال عديدة من باحثين مبرزين حتى أمكن تفسيره •

ثم مرة أخرى ، تحتاج المخلوقات المتعددة الخلايا ، التى نحن أحدها ، الى نظام للتحكم حتى يمكن جعل عملياتها المركبة تعمل كمجموعة بكل أجزائها في توافق • فإذا أردت أن تخبر مجموعات متفرقة تعمل في منجم فحم أن حريقا قد شب في أحد الممرات فأخذ الطرق الجيدة للقيام بذلك هى أن نضع في قناة الهواء ملء ملعقة شاي من مادة كيميائية لها رائحة مؤذية • فغالما يستنشق الرجال الرائحة المحذرة فهم يتصرفوا ويهرعوا الى أسفل مدخل المنجم • وبنفس الطريقة سيسرى هرمون ، انسولين أو ادرنالين أو تايروكسين ، خلال مخلوق متعدد الخلايا وستقوم الخلايا المتنوعة المنفصلة باتخاذ الفعل المناسب • فالانسولين ينظم المؤن الضرورية من السكر في الأنسجة حتى أنها تخزن جانبا جاهزة للاستعمال • والأدرنالين يلين المؤن المخزونة من الوقود حتى أن العضلات في كل أنحاء الجسم يكون في امكانها أن تقوم بالأداء في وقت واحد اذا اقتضت الحاجة • والتايروكسين يحدد المستوى الذى تنطلق عنده عملية الطين للحياة البيوكيمية • وهناك المزيد من مثل هذه المركبات الكيميائية المنظمة • وهذه المواد ، الهرمونات ، هى أيضا داخل نطاق حدود العلم تماما • فهما بلغ تعقيد تشكيلها الكيميائى ، فطبيعتها يمكن أن تفسر • فالانسولين وما اليه له تشكيل خاص ، يكون واحدا ، الى حد ما ، مهما كان مصدر العينة • ونحن نحتاج لهرموناتنا ، ولكنها ليست جزءا من شخصيتنا الفردية •

أما جلد أصابعنا فهو كذلك . وكذلك شكل آذاننا - وقد أقام مستر برتيلون نظاما للتعرف على المجرمين مبينا على هيئة الأذان قبل أن تستخدم بصمات الأصابع . ونحن نسلم الآن بأن كل الثلاثين ألف مليون أصبع وإبهام التي يمتلكها الثلاثة آلاف مليون فرد المختلفين من الناس على هذه الأرض تكون مختلفة . أما الوقود الذي يبقى هذه الأيدي تعمل - وهو الطوكوز - فهو نفس المادة . والتركيب الألى الذي يحترق بواسطته خلال سلسلة من الاتزيمات ومساعدى الاتزيمات متماثل من الأول الى الآخر ، ولكن الماكينات التي تدار ، الرجال والنساء ثم ، فى هذا الشأن ، الحس ، التفكير ، النهج ، القتال ، التزواج ، والموت ، الكلاب والقطط والحمام والنورس البحرى كذلك ، بالرغم من أنها مكونة من مركبات تتبع خلال نظام المؤثرات البيولوجية - فهذه المخلوقات الحية ليست متماثلة ، فكلها مختلفة ، ولهذا السبب فهي تقع خارج الحدود الدقيقة للعلم .

وربما قد يكون من زيادة الدقة أن نقول أن بعضا من صفات الرجال والمخلوقات البيولوجية الأخرى وراء حدود العلم وطاقاته . ففطرة الخلاصة كانت صحيحة عندما ، ترديدا لكلام ووردسورث ، كانت تقضى بأن الطفل كان والدا للرجل ، وأن تركيبات أقل بساطة كالسمك والرخويات والأميا كان كل منها أسلاف للآخر . وبالمثل يصح أن ندفع مبادئ النشوء - لأن هذه هي ما نشير إليها - حتى لأبعد من ذلك . فجزء البروتين الكبير كان والد للأميا ونظام التخمر البسيط للحصول على الطاقة كان والدا للعمليات البيولوجية لادخال فوتونات طاقة الضوء فى النظام الكيميائى الحيوى للتشيل الضوئى . وهذا بدوره كان والدا للتنفس ، الذى يكون نسمة الحياة لنا . ونحن نحمل كل هذه الخلاصة معنا بدرجة أقل أو أكثر . ومن ثم ، فحيث أننا لا بد أن نتعامل ، مثلا ، مع الكيمياء كعلم مضبوط نستطيع اعتبار طريقتنا العلمية تخضع لتنظيم كامل . وقد حدث فى عام ١٩٥٨ أن أعطى سانجر جائزة نوبل عن تفسيره للتشكيل الكيميائى الدقيق للأنسولين . فهو ، بالمصطلحات الكيميائية ، بروتين وجزء كبير نوعا كما تمضى مثل هذه الأمور ، ولكنه ليس كبيرا كالجزيئات الأخرى المستعملة والمفهومة حاليا فى دنيا الكيمياء الصناعية . فالطاطا جزء كبير أيضا ،

ومع ذلك يمكننا عمل مطاط صناعي بنفس السهولة التي اعتدنا في أحد الأوقات أن نصنع بها صودا الفيسل . والجلد « المدبوغ » له طبيعة كيميائية معقدة . وقد لا يكون ممكنا حتى الآن صنع مادة كالجلد تماما ، ولكن هذه مسألة وقت فقط .

والموضوع الذي أهدف اليه حاليا هو هذا . ان الطريقة العلمية التقدمية التي تقود الى معرفة متزايدة بانتظام تسمح لنا بأن نتبأ بغاية الثقة أنها مسألة وقت فقط أن تمكن من فهم التشكيل الكيميائي المضبوط تقريبا لأي منتج بيولوجي طبيعي نهتم به . ويعنى ذلك أنه يمكننا توقع معرفة التركيب الكيميائي لأرجل . وقد اعتادت بعض مراجع الكيمياء القديمة الطراز تماما أن تحتوى نوعا من القائمة التصنيفية تحدد كميات الكربون والايروجين والأكسجين والكبريت الموجودة في جسم انسان عادي . فكانت أحد البنود تنص على أن الجسم به « فوسفور يكفي لعمل دسته من عيدان الثقاب » لو أننى متذكر تماما . وكان ذلك ، بالطبع ، علما بدائيا . فما نعرفه حاليا هو التركيب الجزيئي لبروتين واحد على الأقل — الأنسولين : الطريقة التي تترج بها ذرات الكربون سويا والتشكيل ذي الأبعاد الثلاثة للعناصر الأخرى الموجودة حول هيكل الكربون . ونحن إذا فهمنا ذلك اليوم يمكننا أن نتوقع فهم تركيب بروتين العضل غدا . وتمكن من عمله صناعيا في اليوم التالي ربما .

ولكننا نصل الى حدود العلم حين نحاول أن نعرف بالتفصيل طبيعة التركيب الجزيئي التي هي القالب الكيميائي الذي تشكل منه خلية قامية ، عندما تنمو الخلية وتنقسم وتنمو مرة أخرى ، لتكون المخلوق بأجمعه الذي ستتحول اليه . والعالم الفيزيقي يعرف كمية كبيرة عن طبيعة الجسيمات الأولية وعلاقات طاقتها ولكن بساطتها تهزمه في النهاية — بقاعدة عدم الوثوق لهيزنبرج وأرقام جودل . والبيولوجي يفهم بتفصيل كبير تشكيل جزيء ال د ن ا الذي يندى تحكما كيميائيا في الوراثة ولكن تعقيد ، يهزمه . وستذكر من مناقشتنا في الفصل السادس أنه بالرغم من أن مادة ال « د ن ا » عضو من مجموعة مدركة من المواد ، المسماة بأحماض النيوكليك ، فهناك عدد ضخم من الاختلافات الممكنة في تشكيل

أى عينة خاصة لدرجة أن أى رقم تشاء اختياره ، متبوعا بالرقم من الأصفار هو أدنى أقرب يمكنك الحصول عليه لمقدارها .

ويمكن للفرد باستخدام المعرفة العلمية أن يصنع بوليثين من الكربون والهيدروجين المنسقين سويا كما يجب ، كما يمكن للفرد أن يفهم هندسة البناء التفصيلية للبروتين والأنسولين ، وقد يمكن للفرد ، بالذكاء ، توقع أنه سيتطلب بضع الوقت من فهم التشكيل الكيميائي لبلازما الدم حتى أنه سريعا في يوم ما لن يكون من الضروري أن ندعو المتطوعين لاعطاء دم لعمليات نقل الدم ، فسيصنع في مصنع دم . وقد يكون ممكنا في المستقبل أيضا أن نصنع قطعاً من الأنسجة لتحل محل الأجزاء البالية أو المصابة في المرضى الذين يحضرون للمستشفى لعمل عمرة . وما يفوق التصور ، من جهة أخرى أن أحدا سيتمكن قطعا من عمل جلم الماء (١) . فذلك خارج نطاق العلم .

تأمل بيضة جلم الماء . ففيها ، داخل الجنين عند تجاهل القشرة الواقية وأماكن تخزين الغذاء للبيض والصفار ، هناك بالضبط ترقم البيضة . وهى خلية مخصصة واحدة . وبداخل هذه الخلية يوجد الجزيء الكيميائى المركب لـ « د ن ا » . وشكل هذا الجزيء . والشد والقوى التى تبقى بواسطتها ذرات الكربون والايديروجين والتروجين والأوكسجين فى تجاور مناسب الواحدة بالنسبة للأخرى ، تكون القالب الذى يشكل سلسلة التغيرات الكيمو حيوية التى سوف يتبعها الطائر الذى سيفقس فيما بعد ، خلال حياته . ويمكننا أن نعرف عن تركيب الـ « د ن ا » ، ويمكننا أن نعرف عن أجنة الكتكوت النامي ، ويمكننا فهم العمليات الكيمو حيوية التى تجعله يتحرك ويعيش ، كما يمكننا أن نعرف أيضا كيف يطير فى أوقات الغروب عبر هذا الكوكب من جنوب استراليا الى جرينلاند ثم ، فى الوقت المناسب ، يصبح أسرع شئ حتى موجود ، عبر المسافة كلها عائدا من جرينلاند الى جنوب استراليا بطريق آخر . ونستطيع أيضا أن نعتقد أننا نعلم معرفة الطائر بكيفية الوصول فى كل سنة من رحلته الهائلة عند نفس مكان التعشيش تماما كالعام السابق وفى نفس الوقت بالضبط لدرجة أن مصانع اغداد الطعام التى تضطاد وتعد جلم الماء على هيئة مشميات

(المترجم)

(١) طائر بحرى يدعى أم غرنابه .

مائدة يمكنها أن ترتب مع مورديها على تسليم العلب الفارغة ورقعات العنوان وصناديق التعبئة في تاريخ محدد . وقد تكون معلوماتنا العلمية عن ذلك كله مفصلة تماما وهائلة بما يكفي للمء كتب فى الكيمياء الحيوية ، ومبحث تبلور أشعة اكس ، وعلم الأجنة ، والتاريخ الطبيعى . وحتى مع ذلك ، فان تعقيد كيمياء الجزئء الحاكم يبلغ درجة أن احتمال أى فرد التمكن من عمل جلم ماء صناعى على الاطلاق يكون خارج حدود العلم تماما .

والعقل البشرى ، أيضا ، يقع خارج حدود العلم . ودعنا نسلم بأننا لا بد أن نفقد الأمل فى الوصول الى فهم مفصل للعمليات الكيميائية الحاكمة التى تصبح بواسطتها الخلية المخصة المفردة ، باقسامها ونموها منفصلة فى رحم ، برور خمسة عشر عاما ، تصبح أخيرا ذلك التلميذ النابغة ، حيث جزء من جسمه هو العقل . وقد حاولت فى الفصل السابع أن أصف أى طراز من التركيب يكون العقل وأى نوع من العمل يؤديه . ولكن الوصف كان بالضرورة ، غير دقيق . ولا بد أن نسلم أيضا بأن تعقيد العقل ، وتعهد مكوفاته ، يجنحان به خارج حدود التحليل العلمى المفصل . فنفس طريقة الاكتشاف العلمى ذاتها ، التى تؤديها عقول العلماء المتقنين ليست علمية .

وقد عرفت العلم على أنه :

١ - تجميع الحقائق .

٢ - بناء فروض أو قوانين لتنظيم وربط الحقائق فى نظام منطقى .

٣ - القيام بتجارب أو البحث عن مزيد من الحقائق لاختبار الفروض . والأولى والثالثة من هذه العمليات يمكن تبعا لأحكام العقل أن تسمى علمية ، أما الثانية فليست كذلك : فهى مسألة بداهة . فالأفكار التى تؤدى الى اكتشافات علمية جديدة يتحصل عليها بالطريقة المنسوبة الى مسز يتون ، المؤلفة الشهيرة لكتاب الطبخ . أمسك أولا بارتبك ، هذا ما زعم أنها كتبت ، وأنها فقط عندما طبقت مواهبها على العلم ، أمكنها اعطاء النصيحة عن كيفية حشوه بالحقائق واختباره بعد ذلك .

والأدب العلمى غنى بقصص عن كيفية توصل الرجال العظماء لادراك الفروض التى تمكنوا فيما بعد من تعزيزها واثباتها . فحتى اذا وجب أن نسمح بأن تكون

قصة نيوتن الذى حدث أن صدمته تفاحة ساقطة أثناء نومه في بستان فواكه ، في نفس الوقت مع مخالجة فكرة الجاذبية له قطعة ظريفة من الخيال العلمى ، فهى تمثل تماما المباغته التى خطرت بها الحقيقة الواضحة عن فرض جديد لعقل كان يبحث عنها . فالطريقة بعد ليست علمية . وقد كتب شارلز داروين ، عن لمحة البدهاة التى جاءت عندما كان يطالع كتاب مalthus ، في الوقت الذى كان فيه يفكر في الكمية الكبيرة من البيانات المتداخلة التى جمعها خلال رحلة السنين الخمس التى قضاهها في سفينة « بيجل » وقد أشير الى هذه الفقرة من قبل في صفحة ١٠٨ .

والقصة الشهيرة عن كيفية توصل الكيميائى الالماني كيكولى لنظريته عن التركيب الحلقي للبنزين التى بنى عليها مجمل الصرح الحديث للكيمياء « العطرية » (١) المضوية تعد مثالا أكثر خيالية مصورا بطريقة بالغة للاكتشاف العلمى الأصلى . فقد كتب عام ١٨٦٥ عندما كان مدرسا للكيمياء فيغنت يقول : « كنت جالسا أكتب في مرجعى ، ولكن العمل لم يمض ، فقد كانت أفكارى في مكان آخر . فأدرت مقعدى للنار وغفوت . ومرة ثانية كانت الذرات تثب أمام عيني . وقبعت المجموعة الصغيرة الصغيرة في هذه المرة هادئة في أرضية الصورة . أما عين عقلى ، وقد أصبحت أكثر حدة بالرؤيات المتكررة للعقل فقد أمكنها أن تميز التركيبات الأكبر ذات الشكل المشعب في صفوف طويلة ، مرتبة معا في بعض الأحيان بدقة أكثر ، تدور كلها وتلف في حركة ثعبانية . ولكن أنظر ! ماذا كان ذلك ؟ لقد أمسك أحد الثعابين بذيله ، ودار الشكل سريعا أمام عيني في سخرية . واستيقظت كما لو كان بوهج اضاءة ، وفي هذه المرة أيضا قضيت بقية الليلة في تفسير نتائج القرض » .

وهذه العمليات الذهنية - لنيوتن أو داروين أو كيكولى - تكون خارج حدود العلم . حقا ، اذ يحمل وصف كيكولى تشابها واضحا مع ذلك الذى كتبه كولردج لعملية ذهنية مختلفة تماما وهى ادراك الشعر .

فقد كتب كولردج في صيف عام ١٧٩٧ ، أن المؤلف ، الذي كان وقتئذ في صحة معتلة ، قد اعتزل الى منزل ريفي بين بورلوك ولندن على حدود اكسمور بسومر وديفونشاير . وكنتيجة لوعكة خفيفة ، وصف له أنودين كعلاج فنام في مقدمه من تأثيراته في اللحظة التي كان يقرأ فيها الجمل الآتية أو كلمات عن نفس الموضوع في كتاب « حجة بورشاس » « هنا أمر الخان كوبلا ببناء قصر ، وحديقة فخمة تحته ثم عشرة أميال من الأرض الخصبة محاطة بحائط » واستغرق الكاتب في نوم عميق على الأقل بالنسبة للحواس الخارجية لحوالي ثلاث ساعات ، كان واثقا تماما أنه لم يؤلف خلالها أقل من مائتين الى ثلاثمائة بيت شعر ، اذا أمكن بالفعل تسمية ذلك تأليفا تبرز فيه الصور أمامه كأشياء ، مع اقتاج مواز من التعبيرات الملائمة بدون أى احساس أو وعى بالمجهود . وعند استيقاظه بدا لنفسه أن لديه ذاكرة جلية بكل شيء ، وأمسك قلمه ، والجبر والورق ، وكتب في الحال وبهذه السطور المدونة هنا . واستدعاه لسوء الحظ في هذه اللحظة شخص من بورلوك في شئون عمل حيث احتجزه لمدة تزيد عن ساعة ، وعند عودته لفرقة ، وجد ، لدهشته الكبيرة وخيته أن . . كل البقية قد اختفت كالصورة من على سطح غدير ألقى فيه بحجر .

والسطور المدونة هنا ، أقصد بالطبع قصيدة خان كوبلا ، هي من أظرف الدرر في الشعر الغنائي . فكياستها وكماها ، حتى وهي في الحالة الناقصة التي بقيت عليها منذ أن أزعج « الشخص من بورلوك » مؤلفها تعطينا ارضاء ذهني وذوقيا ليست مقارنته ببعيدة مع المتعة الذهنية المائلة التي نحصل عليها ، فيما اعتقد ، عند قراءة « أصل الأنواع » لداروين .

والصفة المميزة للعلم كطريقة للتعامل مع الحقائق هي أنه تراكمي وتقدمي . وقد وضع هنري سارتون ، المؤرخ الكبير للعلم ، النظرية بأن العلم هو النشاط الانساني الوحيد الذي يمكن رؤيته يتقدم الى الامام من ذروة من المعرفة الى

أخرى أكثر بعدا . وقد استخلص من ذلك النتيجة بأن تاريخ العلم هو ، بالتالى ، التاريخ الوحيد الذى يمكن أن يصور تقدم الانسان ، وأن التقدم ليس له معنى محدد وأكيد فى مجالات أخرى غير العلم . فلم يكن أينشتين بالضرورة رجلا أقدر من نيوتن ، ولكن أينشتين كان قادرا على حساب قوة تفجر القنابل الذرية فى حين كان نيوتن مقيدا بالقنابل الساقطة وذلك ببساطة لأن أينشتين ولد بعده بثلاثمائة عام ، وكانت التقدمات المتراكمة لثلاثة قرون من عمل علماء آخرين جاهزة لديه عند نقطة ابتداءه . وكان لكولردج لحظات نبوغه ، فكان قادرا على الابتكار الاصلى الغير عادى . وابتكار رجال العلم قد لا يكون أكبر من ذلك الخاص برجال المعارف أو رجال الأعمال أو الموسيقين . فالطرق التى يدرك بواسطتها أى نوع من الابتكار البشرى هى طرق ايجائية ، وليست علمية . ولكن بينما لم يكن لفلمنج وكورى وباستير وفراداي وبنزن وكبلر أى قوة ابتكار وابتداع أعظم ، فان نتيجة نشاطهم الذهنى الغير علمى كمكتشفين قد حملت تضمينات هامة ، لأنها مكنت كل معاصريهم وكل أولئك الذين جاءوا بعدهم من التقدم الى الأمام خطوة . وهذه ليست قوة ابتكار غير علمية . وقد عاش كولردج بعد شكسبير بمائتى عام ، ولكن لا يستتبع لذلك السبب أن شعره كان أكثر تأثيرا .

ومع ذلك ، حتى اذا سلمنا بتقدمية الاكتشاف العلمى ، بعدم امكان العلم الرجوع الى الوراء — فطالما اكتشف النيوترون يبقى مكتشفا — بالرغم من ذلك كله ، فالاكتشاف ليس فعلا عمليا . ويمكننا وصفه ، اذا أردنا ، بأنه فعل انساني . ولذا يبدو أن عدم مقدرة الطريقة العلمية على المضى فى اتجاه جديد تمد حدا للعلم . فيمكن فى مصطلحات علمية انشاء ماكينة تستطيع أن تحكم نفسها وتصصح أخطائها الخاصة . واذا كانت هذه آلة حاسبة إلكترونية عامة الأغراض فيمكنها أن تحل الحسابات المعقدة . ويمكنها ، اذا زودت بنظام التوجيه المناسب ، أن تترجم الروسية الى الألمانية . أو يمكنها ، بدون مساعدة بشرية — أو على

الأقل ، بدون مساعدة كبيرة — أن تدير مصنعا لينتج ، مثلا ، آلات حاسبة أخرى مثلها ، ولكنها اذا صممت على أن تقوم بأداء هذه الأشياء فتلك هي الأشياء التى ستؤديها ، ولئن يحدث فجأة أبدا أن تدرك مدى الاثارة عند تسلق قمة افرست ، أو أن ترسم صورا كرمبرانت ، أو أن تبدأ ديانة كالمسيحية ، أو أن تقع فى الحب .

وإثنان من حدود العلم ، كما رأينا من قبل ، هما أولا ، الصعوبة النهائية فى ادراك البساطة . فالعالم الذى نراهمولنا ،من حيوانات ونباتات ومعادن وضوء الشمس ، ووهجات اضاءة ، يمكن أن يجزأ الى عناصره الكيميائية ، ومن ثم الى الجسيمات الفيزيكية التى ناقشناها من قبل أكثر من مرة ، ويصبح فى النهاية سلوك الجسيم الأخير من هذه السلسلة بطبيعته الخاصة ، غير متوقعا ، وهذا أحد الحدود . والحد الآخر هو تعقيد الجزيئات الكيميائية التى تكون الفراشات وتكون العقول البشرية والتنظيم المعقد للمراحل العليا من التطور البيولوجى . وأنه لصحيح تماما أنه يمكن تفسير أصل ووظيفة خلية مفردة من العقل ، كما يمكن فهم السلوك الكهربائى الكيميائى للأجزاء المختلفة للعقل البشرى ، وكذلك التأثير العام للتداخل الجراحى مع أجزاء الجبهة ، « لفسيل المخ » المنظم ، أو لبعض العوامل الكيميائية — كالكحول مثلا — على العقل ، وماذا سيفعل ، يكون فى نطاق التحليل العلمى تماما . ولكنى أرى ، أن خارج نطاق الحد الثانى للمقدرة العلمية أن تتوقع على الاطلاق قيام رجل فى معمل بعمل وتصميم أى شئ معقد كبعوضة ، أو حمار ، أو أغبى طفل فى ذيل أقل الفصول فى مدرسة أولية .

والحدان اللذان اقترحتهما بعد للعلم كالألهما على الأقل فنى بعض الشئ . وحقيقى أن هيزنبرج أوضح أن نفس طبيعة الجسيم المتناهى للمادة تجعل من المستحيل لنا فلسفيا أن نحدد له موضع — وعلى هذا المقياس يصبح أى دبوس حقيقى له رأس كبيرة لدرجة ، أن مجموعة كاملة من الملائكة ، كما اعتاد اللاهوتيون أن يجادلوا ، يمكنها أن تراقص فوقه ويصبح اذن من البلاءة تماما أن نطمح

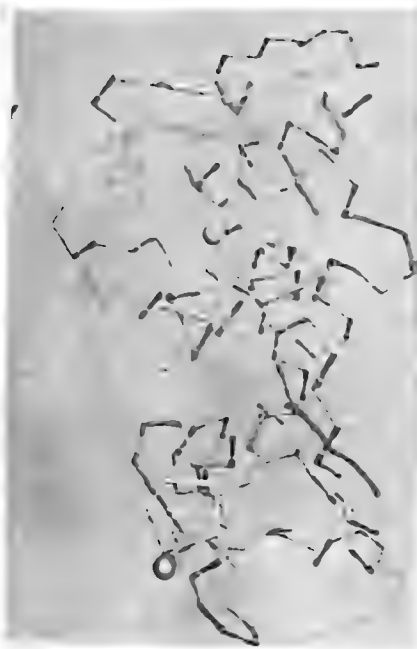
الالكترونا برمح • ومع ذلك فان العقبة الفلسفية التى تمنعنا من التحصيل تدم مشكلة فنية • وبالمثل فانشاء بيضة قنفذ البحر تكون فنية أيضا ، ولكن العلم هنا أعياء تعقيدها • أما الحد الثالث الذى قد أقترحه للعلم ، مع ذلك ، فله طبيعة مختلفة •

فمجال العلم هو دراسة الجزئيات المتزايدة التعقيد حتى الانسان بما فى ذلك الانسان نفسه • وفى نطاق العلم يدرس المرض الانسانى والسلوك الانسانى • ويجب حقا أن تنتفع جميعنا من كمية أكبر من التفكير العلمى تستخدم فى مشكلة المرور • فالعلم يستخدم بصورة مناسبة فى السيارات والصواريخ ذات المحركات النفاثة وفى رفع متوسط السرعة فى حركة مرور لندن حتى تزيد عن تلك الخاصة بعربات الخيل المظهمة • والحد الذى لا يستطيع العلم أن يتخطاه مع ذلك ، هو الحد الممثل بالفرض البشرى • فالرجال والنساء يدرسون العلم لأن من طبيعتهم الرغبة فى المعرفة • وتنتائج البحث العلمى مبهمة تماما • وقد ألقت التقديمات والتطورات الحديثة فى الاكتشافات العلمية وتطبيقاتها الضوء على ذلك الحد الثالث للعلم • وكما صاغها البروفسور جالبرت ، نحن فى العالم الغربى نعيش فى « المجتمع الفياض » • فعن طريق استخدامات المعرفة العلمية عن الفيزيكا يمتلك كل منا جهازا للتليفزيون ، وسرعا ، اذا أردنا يمكن لنا أن نمتلك جهازين - أو ثلاثة • وباستخدام الكيمياء الحديثة للجزئيات الكبيرة نمتلك جميعنا عشرات من القمصان النايلون وملابس داخلية مصنوعة من « التريلين » • وقد أوضح الفهم المتزايد لعلوم الحياة مرض الجدري والطاعون والتيفوس • والملاريا - وغدا سيتم التغلب على أمراض البرد أيضا • وقد جلب العلم التطبيقى الثروة والغذاء واللعب من كل الأنواع كذلك - سيارات وماكينات غسيل كهربائية وبرحلات الى القمر • وقد ضاعفنا مستوى معيشتنا ، كما نسميه ، فى جيل واحد • وسنفعل ذلك الآن مرة ثانية • لماذا ... ؟

فالفرض خارج حدود العلم • ففى بريطانيا ، يجب عملاء صانع الحلوى أن يكون كمعهم ملونا • والكيميائى ، يفهمه للعلاقة بين اللون — أى ، طول موجة الضوء المنعكس — والتشكيل الجزيئى ، يمكنه ببساطة أن يركب أى لون يريده صانع الطعام : أصفرا ليذكر الأكل بالببيض ، بنيا ليحاكى الشوكولاته أو أحمرا أو أزرقا أو أخضرا لمجرد اللهو • وبعد ذلك ، يمكن لعالم الأحياء أن يقيس درجة السمية لكل من هذه الأصباغ النيتروايدروكربونية ، لمعرفة ما اذا كانت هذه قد تسبب السرطان ، أو تلك تتلف الكبد ، أو لن تظهر الأخرى أى تأثير عضوى يمكن كشفه على الإطلاق • وتلك هى الطريقة العلمية المعمول بها • ولكن قرار الأكلين ليس علميا • فيقول المثل الفرنسى ، « لن نستمع لأصباغ الطعام ، ليس لأننا نخشى المخاطرة ، بل لأننا ، كفنانيين فى الطعام ، نعتبر أنه ليس من الفن أن تفعل ذلك » • ويقول الروائى البريطانى ، « نحن نعرف أن هناك بعض المخاطرة ، ولكننا سنستمر فى صبغ الطعام ، فنحن نعتقد أن الألوان فنية » •

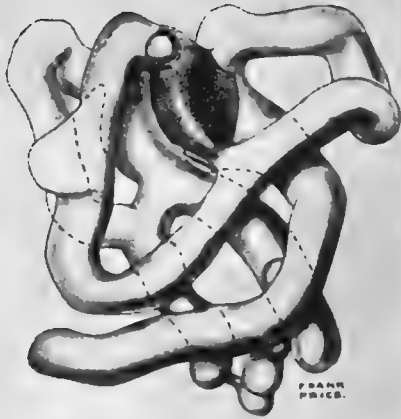
فالفرض ، والذوقيات ، والدوافع ، والفلسفة الأدبية — هذه خارج حدود العلم •

الصور والأشكال



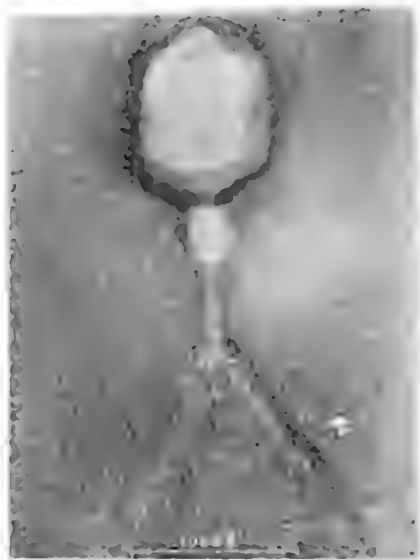
الصورة رقم (١)

يبين هذا النموذج التركيب الجزيئي للبطاطا ، وهو بولمر موجود في الطبيعة . وتتكون مثل هذه
نموذج من نتائج آلاف من الصور المأخوذة من هذه البطاطا . والتركيب الكيميائي لهذه البطاطا
قصبة أو بطاطا . من حيث البنية الجزيئية ، فإنها تتكون من سلسلة طويلة من الوحدات المتكررة ،
المعرفة الكيميائية الحديثة بعمل من هذه البنية الجزيئية .



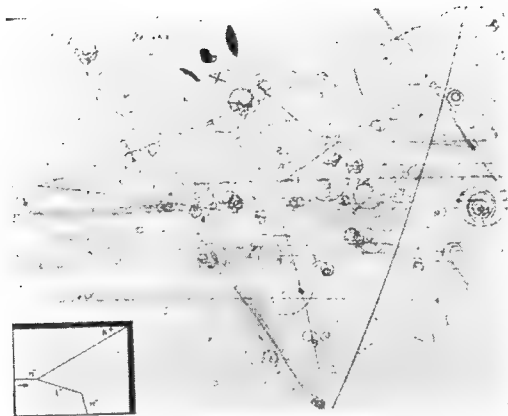
الصورة رقم (٢)

نموذج بنزى. ميخائيل ، مصنوع أبيض من بيادت لجود أشعة إكس . وهو روتين . حنوى
 حل حوائى أنقى وخسائة (٢٥٠٠) من الدرات المتصلة فى حلقة واحدة منفقة . ووطيعة فى مسيح الحصل ،
 حيث يوجد ، هى تخزين الأكسجين المستعمل عند إحتراقه احنوكلوز لإعطاء طاقة عصبية . وتصل
 ذرات الأكسجين عند الموضع المدين بدائرة . وحتى الآن ، لا يمكن تركيب حوى معقد كهذا فى المعمل .



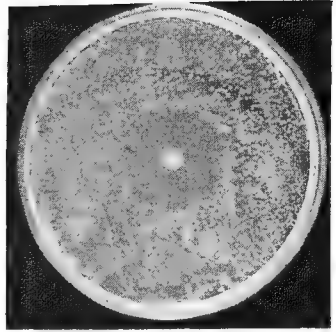
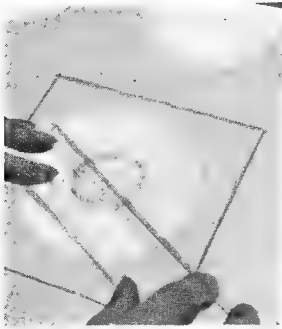
الصورة رقم (٢)

من السهل أن نرى شكله من حيث أنه يشبه إلى حد ما شكل الفواكه التي نراها في الطبيعة من
جميع أصنافها المختلفة ، ومع ذلك فهو يشبه إلى حد ما شكل الفواكه التي نراها في الطبيعة من
جميع أصنافها المختلفة ، وهو مثال من « البراغيث الصغيرة » الموجودة عند البراغيث الكبيرة
على ظهورها لتعضها .



الصورة رقم (٤)

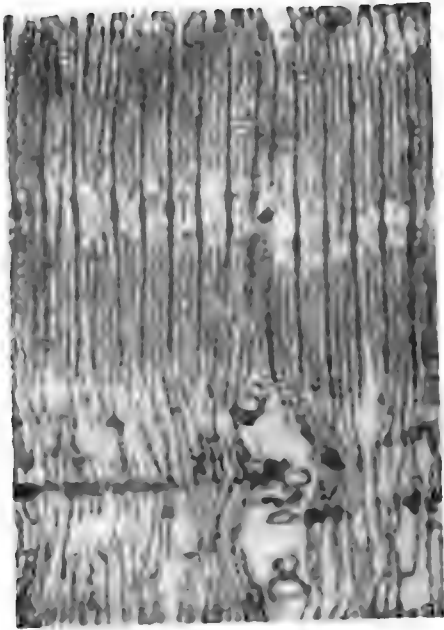
هذا سجل لعدم ثبات المادة . حيث ينقسم المسار عند شمال الصورة ، عندما يضرب جسيم π^- ،
 بيون π^- ، متطلقا للداخل من الشمال ، بروتونا . وقد اختفى الاثنان على الفور ، وظهر في مكانهما
 جسيان جديدان ، جسيم سيجا Σ^- الذي أحدث المسار الأسفل ، وجسيم K^+ ، بمساره الأعلى .
 وكلاهما ليس ثابتا ، فقد إنهارت السجما في الصورة . وأصبحت نيوترونا (الذي لا يمكن رؤيته)
 حيث يتعطف المسار الخاص به فجأة لأسفل ويقذف بيونا ، تطاير ثانية وقفز عند نواة كربون ، حيث
 يوجد « النجم » أسفل الصورة . ونسجل هذه الأحداث بتصوير المسارات التي تخلفها وراءها الجسيمات
 المشحونة أثناء تحركها خلال « الغرفة السحابية » .



الصورة رقم (٥)

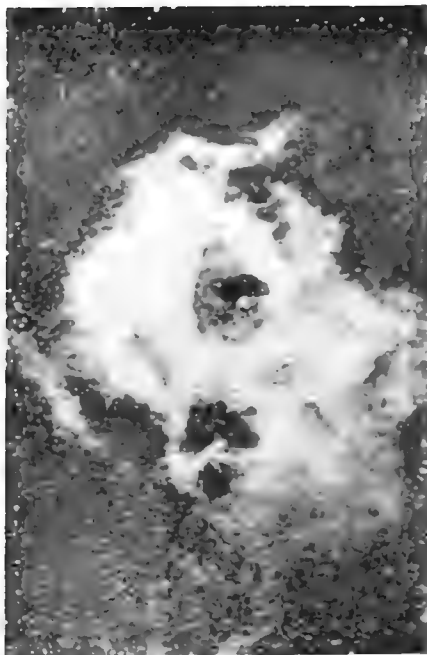
(ب) لقياس فاعلية محلول بنسلين توضع كمية صغيرة في ثقب يقطع في منتصف طبقة من هلام معقم بغزارة بالبكتريا . فقذار المساحة التي يمنع فيها نمو البكتريا هو مقياس لتركيز البنسلين . ويوضح العليق قياسا « لمنطقة المنع » .

(أ) جاية فطر البنسيليوم السامية في وسط العليق تفرز بنسرين في اخلام الخيط ، حيث تعوق نمو الكائنات الدقيقة التي تغطي العليق .



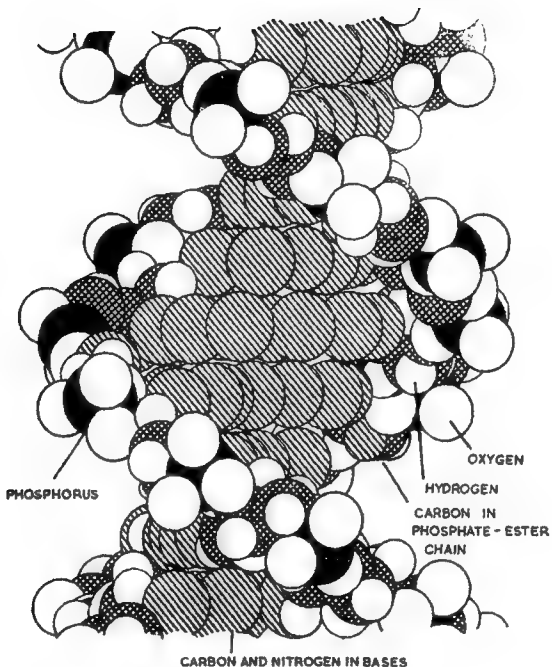
صورة ١٦٦

ترتيب غويطات هذه أرفب ، كما يظهرها الميكروسكوب الإلكتروني . والوصلات اسمفة
هذه الجدا . غويطات الرامية تمثل في الغالب المواقع القسرة تحول عندها الطاقة الكيميائية
إلى طاقة عضلية ، محدثة بذلك تقلصا عضليا .



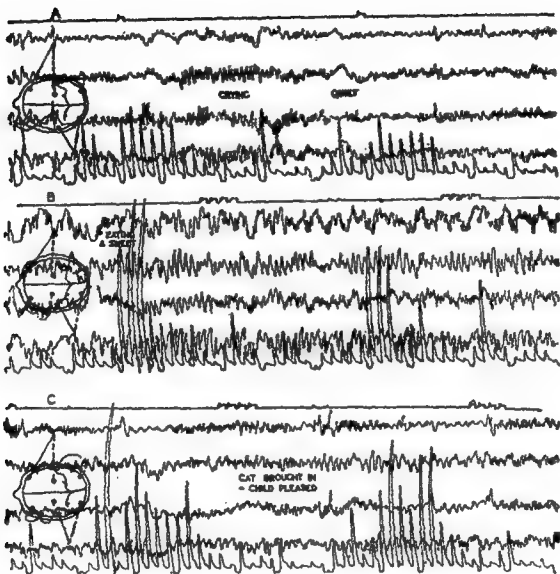
صورة ١٨١

سديم كوكبة وحيد النجم - سديم مظهر من مظهر بريق في المناطق الوسطى الموصلة - وقد أحدثت هذه بركة من الغاز النجمي - تتألف من نضج - لأن كل الكتلة المتصورة من الغاز البارد الموجودة بين النجوم ، وتستند لها على الأرجح مرور الوقت أن تكثف في عوالم أخرى جديدة - وذلك جزء من عملية التطور الكوني .



الشكل رقم (١)

قطاع جزيء حامض الدي أوكسي ريبو نيوكليك . ويشتمل جزيء « د ن أ » التام على ملفين لولبيين ، كل بأكثر من ألف طية . ويتكون القسم الخارجى من هذين الملفين من فوسفات والسكر ، دى أوكسي ريبوز . ويتكون القسم الداخلى ، الموضح كنواثر محططة من « قواعد » بيورين وبايريميدين مرتبة لتحمل شفرة الوراثة .



الشكل رقم (٢)

رسم كهربائي للعقل يبين التغيرات في النشاط الكهربائي لعقل طفل في الثانية تمسبها (٢) بكاء ، (ب) أكل حلوى ، و (ج) سرور .

تم طبع هذا الكتاب بالهيئة العامة
للكتب والأجهزة العلمية - مطبعة
جامعة القاهرة - في يوم الخميس
الموافق ٢٢ من أغسطس سنة ١٩٦٨
مدير المطبعة
أحمد سلامة

(مطبعة جامعة القاهرة ١٢٣٢/١٩٦٧/٢٠٠٠)



مطبعة جامعة القاهرة

Bibliotheca Alexandrina



0387474



الغلاف - تصميم الأنسة عصمت عبد الحميد